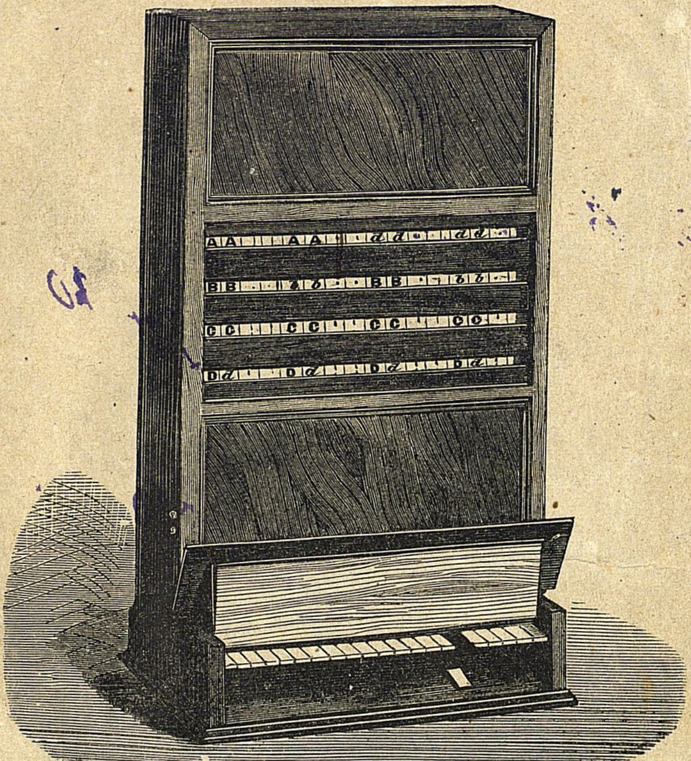
S 124/161



Логическая машина.

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ, 4 апрѣля 1881 г.

Типографія А. С. Суворина. Эртелевъ пер., д. 11—2.

5124
161.

1861

Николай Александровичъ
Карышевъ

ОСНОВЫ НАУКИ

ТРАКТАТЪ О ЛОГИКѢ

и

НАУЧНОМЪ МЕТОДѢ

СТЕНЛИ ДЖЕВОНСА

ПЕРЕВОДЪ СО ВТОРОГО АНГЛІЙСКАГО ИЗДАНІЯ

М. АНТОНОВИЧА

и Румянцов. музей

БИБЛІОТЕКА
М. П. М.
проф. КАРЫШЕВА

С.-ПЕТЕРБУРГЪ
ИЗДАНІЕ Л. Ф. ПАНТЕЛѢЕВА
1881

18186-0

2010515406

ТИПОГРАФІЯ А. С. СУВОРИНА, ЭРТЕЛЕВЪ ПЕР., Д. № 11—2.

ПРЕДИСЛОВІЕ

Ко второму изданію.

Въ настоящемъ второмъ изданіи сдѣлано немного важныхъ измѣненій. Тѣмъ не менѣе я воспользовался случаемъ, чтобы тщательно пересмотрѣть какъ изложеніе, такъ и содержаніе книги. Корреспонденты и критики указали болѣе или менѣе важныя неточности въ первомъ изданіи, и поэтому сдѣланы были соотвѣтствующія поправки и измѣненія. За многочисленныя поправки я особенно обязанъ Монро и Брьюеру, инспектору казенныхъ школъ.

Изъ нѣсколькихъ дополненій сдѣланныхъ въ текстѣ я могу указать на извлеченіе (стр. 141) изъ замѣчательнаго изслѣдованія Клиффорда о числѣ типовъ сложнаго положенія, заключающаго въ себѣ четыре класса предметовъ. Это изслѣдованіе еще дальше подвигаетъ обратную логическую задачу, описанную въ предшествующихъ параграфахъ. Далѣе потребность въ лучшихъ логическихъ методахъ, чѣмъ старыя Barbara, Celarent и проч. поразительно доказана логической задачей Венна, описанной на стр. 90. Эту задачу Веннъ предлагалъ многимъ экзаменовавшимся по логикѣ и философіи, и она, несмотря на свою простоту, была разрѣшена весьма немногими изъ тѣхъ, которые не знали логики Буля. Веннъ могъ бы представить еще другія доказательства необходимости въ лучшихъ способахъ логическаго обученія.

Для предупрежденія недоразумѣній я долженъ упомянуть, что вмѣсто *логическій абецедарій* я вездѣ въ этомъ изданіи употреблялъ *логическій алфавитъ*, какъ названіе для исчерпывающаго ряда логическимъ комбинацій, выражаемыхъ терминами A, B, C, D, (стр. 94). Нѣкоторые читатели замѣчали мнѣ, что *абецедарій* слишкомъ длинное и непривычное слово.

Въ главѣ о единицахъ и образцахъ мѣръ я прибавилъ параграфъ (стр. 301), посвященный обсужденію оригинальной мысли Клерка Максуэлля о естественной системѣ образцовъ для измѣренія пространства и времени, опредѣляемыхъ размѣрами и быстротою волнъ свѣта.

Въ моемъ описаніи логической машины въ Philosophical Transactions (v. 160, p. 498) я говорилъ: „Рѣдко бываетъ, чтобы относительно какого нибудь сдѣланнаго открытія не оказалось впослѣдствіи, что еще раньше дѣлались попытки подобнаго же открытія; но мнѣ неизвѣстно ни одной прежней попытки придумать или устроить машину, которая производила бы операціи логическаго умозаключенія; и только кажется въ сатирическихъ сочиненіяхъ Свифта находится намекъ на мыслительную машину.“ Но еще прежде, чѣмъ мой мемуаръ былъ напечатанъ, я уже могъ указать на остроумный планъ Альфреда Сми какъ на попытку представить мысль механически. Машина Сми, никогда не была устроена, да еслибы и была устроена, то она не производила бы настоящаго логическаго умозаключенія. Между тѣмъ въ послѣднее время стало извѣстно, что знаменитый лордъ Стенгопъ устроилъ машину, могшую представить силлогистическія умозаключенія въ конкретной формѣ. Кажется логика была однимъ изъ любимыхъ занятій этого вполнѣ оригинальнаго и остроумнаго лорда. Сохранились отрывки сочиненія по логикѣ, которые были напечатаны въ собственной типографіи графа и которые показываютъ, что онъ раньше 1800 г. дошелъ до принципа количественно опредѣленнаго предиката. Онъ самымъ яснымъ образомъ формулировалъ этотъ принципъ и предлагалъ употреблять его вездѣ въ его силлогистической системѣ. Кромѣ того онъ превращаетъ отрицательныя положенія въ утвердительныя и выражаетъ ихъ посредствомъ связки „есть тожественно съ.“ Такимъ образомъ онъ вѣроятно силою собственнаго ума безъ посторонней помощи предупредилъ главные пункты логическаго метода, начало которыхъ положено въ сочиненіяхъ Д. Бентама и Д. Буля, и которые онъ развилъ въ этомъ сочиненіи. Однако Стенгопъ не имѣетъ права на первенство открытія, такъ какъ онъ кажется никогда не публиковалъ своихъ логическихъ сочиненій, хотя они и были напечатаны. Насколько мнѣ извѣстно, нѣтъ и слѣда ихъ ни въ библіотекѣ британскаго музея, ни въ другой какой нибудь библіотекѣ, ни въ какомъ нибудь логическомъ сочиненіи. Какъ бумаги, такъ и логическая машина были переданы нынѣшнимъ графомъ Стенгопомъ Роберту Герли, который вѣроятно скоро напечатаетъ описаніе ихъ.

Благодаря любезности Герли, я имѣлъ возможность разсмотрѣть логическую машину Стенгопа названную имъ демонстраторомъ. Она состоитъ изъ квадратной деревянной доски съ квадратнымъ углубленіемъ въ центрѣ, по которому могутъ ходить двѣ линейки, одна красная стекляная, а другая сѣрая деревянная. Разстояніе, на которое нужно передвигать каждую изъ линеекъ, указывается скалою и цифрою по краямъ отверстія и простое правило умозаключенія принятое Стенгопомъ таково: „къ сѣрому прибавь красное и вычти *олонъ*“, разумѣя подъ *все* (ὅλον) все пространство углубленія. Это правило умозаключенія есть любопытное предупрежденіе численно опредѣленнаго умозаключенія Де Моргана (см. въ текстѣ стр. 165) и умозаключеній основанныхъ на томъ, что Гамильтонъ называлъ „ультра—полнымъ распредѣленіемъ“. Другой любопытный пунктъ въ машинѣ Стенгопа тотъ, что одну линейку можно вынуть и положить опять перпендикулярно къ другой, и тогда покрывающіяся части линеекъ представляютъ вѣроятность заключенія, вытекающаго изъ двухъ посылокъ, вѣроятности которыхъ выражаются выступающими частями линеекъ. Такимъ образомъ видно, что Стенгопъ изучалъ не только логику достовѣрности, но и логику вѣроятности, предупредивши и въ этомъ, хотя и не ясно, новый прогрессъ въ логикѣ. Но какъ бы то ни было, однако между демонстраторомъ Стенгопа и моей логической машиной нѣтъ никакого другаго сходства кромѣ того, что они производятъ логическое умозаключеніе.

Въ первомъ изданіи у меня былъ параграфъ о „прежнихъ открытіяхъ принципа замѣщенія“ и я оставилъ безъ измѣненія этотъ параграфъ и въ настоящемъ изданіи. Я говорилъ въ немъ: „въ такомъ предметѣ какъ логика едвали возможно высказать какія нибудь мнѣнія, которыя не были бы высказываемы прежде въ той или другой формѣ; по крайней мѣрѣ зародышъ всякаго ученія можно найти у прежнихъ писателей, и новость можетъ состоять главнымъ образомъ только въ способѣ гармонированія и развитія идей (стр. 20).“ Я показалъ,—что еще раньше меня сдѣлалъ Линдсей,—что Бенеке употреблялъ названіе и принципъ замѣщенія и что доктрина очень близкая къ замѣщенію уже была развита логиками Поръ-Ройяля болѣе 200 лѣтъ назадъ.

Поэтому меня ни мало не удивило то, когда я узналъ, что этотъ принципъ болѣе или менѣе опредѣленно былъ высказываемъ прежними логиками въ теченіи послѣднихъ двухъ столѣтій. Какъ показалъ мой другъ и преемникъ по овеновской коллегіи профессоръ Адамсонъ, этотъ принципъ можно найти даже у такого философа какъ Лейбницъ.

Замѣчательный трактатъ Лейбница [1]), озаглавленный Non inelegans Specimen Demonstrandi in Abstractis, прямо начинается опредѣленіемъ соотвѣтствующимъ разсматриваемому принципу: „Тѣ вещи равны (одинаковы), изъ которыхъ одна можетъ быть замѣщена другою съ сохраненіемъ истины. Пусть будутъ А и В, и А входитъ въ какое нибудь истинное предложеніе, и если въ какомъ нибудь мѣстѣ его вслѣдствіе замѣщенія А посредствомъ В образуется новое предложеніе также истинное, и если это всегда можно сдѣлать въ какомъ угодно подобномъ предложеніи, тогда говорится, что А и В равны; и наоборотъ если А и В равны, то между ними возможно замѣщеніе, о которомъ я сейчасъ сказалъ.“

Такимъ образомъ Лейбницъ формально принимаетъ принципъ замѣщенія, но онъ выражаетъ его въ формѣ опредѣленія, говоря, что тѣ вещи одинаковы, которыя могутъ быть замѣщены одна другою съ сохраненіемъ истины предложенія. Только, повѣривши такимъ образомъ одинаковость вещей, мы можемъ сдѣлать обратный ходъ и сказать, что А и В, будучи одинаковыми, могутъ замѣщать другъ друга. Поэтому кажется, какъ будто мы находимся здѣсь въ заколдованномъ кругѣ; потому что мы не можемъ замѣщать А посредствомъ В до тѣхъ поръ, пока посредствомъ повѣрки не убѣдимся въ томъ, что въ результатѣ получается вѣрное предложеніе. Трудность эта не устраняется и оговоркой Лейбница: „если это всегда можно сдѣлать въ какомъ угодно подобномъ предложеніи.“ Какъ мы можемъ знать, что если А и В могутъ замѣщаться въ нѣсколькихъ предложеніяхъ, то они поэтому могутъ замѣщаться и въ другихъ; и какой мы имѣемъ критерій подобія предложеній, въ какихъ возможно замѣщеніе? Нужно ли смотрѣть на принципъ замѣщенія какъ на постулятъ, или какъ на аксіому, или какъ на опредѣленіе, — это именно и есть одинъ изъ тѣхъ основныхъ вопросовъ, рѣшеніе которыхъ представляется невозможнымъ при настоящемъ положеніи философіи. Но эта неизвѣстность не мѣшаетъ намъ сдѣлать въ логикѣ значительный шагъ впередъ.

---

[1]) Leibnitii opera Philosophica quae extant. Erdmann, Pars I. Berolini, 1840, p. 94.

Лейбницъ устанавливаетъ въ формѣ теоремы то, что обыкновенно принимается какъ аксіома. Такъ напр. „Теорема I. Величины равныя одной третьей равны между собою. Если A=B, а B=C, то A будетъ равно C. Ибо если въ предложеніи A=B (истинномъ по предположенію) подставить C вмѣсто B (что можно сдѣлать по опред. I, такъ какъ предположено, что B=C), то получится A=C,— что и требовалось доказать.“ Такимъ образомъ Лейбницъ въ точности предупредилъ способъ развитія умозаключенія съ двумя простыми тожествами, описанный на стр. 50 настоящаго сочиненія.

Далѣе та математическая аксіома, что „равныя сложенныя съ равными даютъ равныя“, выводится изъ принципа замѣщенія. На 95 стран. изданія Эрдмана мы находимъ: „Если къ одному и тому же прибавятся равныя, то получатся равныя. Если A=B, то будетъ A+C=B+C. Ибо если въ предложеніи A+C=A+C (которое истинно само по себѣ) вмѣсто A мы подставимъ B (что можно сдѣлать на основаніи опред. I, такъ какъ A=B), то получимъ A+C=B+C,—что и треб. доказ.“ Это есть несомнѣнно способъ выведенія нѣсколькихъ математическихъ аксіомъ изъ высшей аксіомы замѣщенія, который разясненъ въ параграфѣ о математическомъ заключеніи (стр. 159) въ настоящемъ сочиненіи и былъ еще раньше изложенъ въ моемъ Substitution of Similars, p. 16.

Есть еще одинъ или два небольшихъ трактата, въ которыхъ Лейбницъ предупредилъ новые взгляды по логикѣ. Такъ въ 18 трактатѣ въ изданіи Эрдмана (p. 92) подъ заглавіемъ Fundamenta Calculi Ratiocinatoris онъ говоритъ: „тѣ вещи называются равнозначными, изъ которыхъ одна можетъ быть замѣщена другою по здравымъ законамъ вычисленія.“ Очевидно, что онъ дошелъ до количественнаго опредѣленія предиката и что онъ вполнѣ понималъ приведеніе общаго утвердительнаго предложенія къ формѣ равенства, что составляетъ ключъ къ новѣйшимъ взглядамъ въ логикѣ. Такъ въ трактатѣ подъ заглавіемъ Difficultates quaedam logicae онъ говоритъ: „всякое A есть B; оно равнозначно AB и A, или A не-B есть невозможность“.

Кромѣ того любопытно, что Лейбницъ вполнѣ понималъ законы коммутативности и простоты (какъ я назвалъ второй законъ) свойственные логическимъ символамъ. Въ Addenda ad Specimen Calculi Uuiversalis мы читаемъ: „перемѣщеніе буквъ въ одномъ и томъ же терминѣ ничего не измѣняетъ, и ab все равно что ba или животное разумное все равно что разумное животное.“—„Повтореніе одной и той же буквы въ одномъ и томъ же терминѣ безполезно, напр. b есть aa или bb есть a; человѣкъ есть животное животное, или человѣкъ человѣкъ есть животное. Потому что достаточно сказать, a есть b или человѣкъ есть животное.“

Если мы сравнимъ это съ тѣмъ, что сказано у Буля въ Mathematical Analisis of Logic, p. 17—18, въ его Laws of Thought, p. 29 или въ настоящемъ сочиненіи стр. 31—34, то увидимъ, что Лейбницъ два столѣтія тому назадъ уже ясно понималъ основы логическаго обозначенія. Когда Буль показалъ, что въ логикѣ $xx=x$, то математикамъ это казалось парадоксомъ или по крайней мѣрѣ новымъ открытіемъ; а между тѣмъ это открытіе уже сдѣлано было Лейбницомъ.

Однако читатель не долженъ думать, что такъ какъ Лейбницъ вѣрно понималъ основные принципы логики, то новымъ логикамъ уже ничего не оставалось дѣлать. Самъ Лейбницъ не вывелъ никакихъ полезныхъ результатовъ изъ своего опредѣленія замѣщенія. Когда онъ принимается за разъясненіе силлогизма, какъ напр. въ трактатѣ о Definitiones logicae, то совершенно оставляетъ въ сторонѣ замѣщеніе и возвращается къ понятію включенія класса въ классъ, говоря: „включающее включающаго есть включающее включеннаго, или если A включаетъ въ себѣ B, a B включаетъ C, то A включаетъ также и C.“ Затѣмъ онъ даетъ нѣкоторыя правила силлогизма требующія различія субъекта отъ предиката и эти правила ни въ одномъ важномъ отношеніи не лучше старыхъ правилъ силлогизма. Логическіе трактаты Лейбница не больше, какъ только общія указанія для изслѣдованій, которыя никогда не были произведены. Они сохранились какъ доказательства его удивительной проницательности; но было бы трудно доказать, что они имѣли какое нибудь вліяніе на прогрессъ логики въ новѣйшее время.

Я долженъ объяснить, какимъ образомъ могло случиться, что эти логическія сочиненія Лейбница оставались неизвѣстными для меня до послѣдняго года. Я такой небольшой охотникъ до чтенія латинскихъ книгъ, что незнаніе мною нѣсколькихъ страницъ изъ сочиненій Лейбница не было бы удивительно во всякомъ случаѣ. Но дѣло въ томъ, что находившійся у меня экземпляръ сочиненій Лейбница изъ библіотеки овеновской коллегіи былъ изданіемъ Дутенса. Логическіе трактаты, о которыхъ идетъ рѣчь, не были напечатаны въ этомъ изданіи и за исключеніемъ одного оставались въ рукописи въ королевской библіотекѣ въ Ганноверѣ, пока не были изданы Эрдманомъ въ 1839—40 г. Трактатъ Difficultates quaedam logicae, хотя неизвѣстный Дутенсу, былъ напечатанъ Распомъ въ 1765 въ его собраніи называвшемся Oeuvres philosophiques de feu M-r Leibnitz. Но это изданіе было неизвѣстно мнѣ и притомъ въ этомъ трактатѣ нѣтъ формальнаго выраженія принципа замѣщенія.

Я думаю, что сравнительно позднее изданіе самыхъ замѣчательныхъ логическихъ трактатовъ Лейбница и объясняетъ то, что логики не знали объ ихъ содержаніи и важности. Самые учоные логики, каковы Гамильтонъ и Ибервегъ, не знали о Лейбницовомъ принципѣ замѣщенія. Въ приложеніи къ IV тому Lectures on Methaphysics and Lôgic находится тщательный сводъ воззрѣній логиковъ на послѣднее основаніе дедуктивнаго умозаключенія. Лейбницъ кратко упомянутъ на стр. 319, но безъ всякаго намека на замѣщеніе. Здѣсь приведены слѣдующія его слова: „Двѣ вещи одинаковыя съ одною и тою же вещью одинаковы другъ съ другомъ; т. е. если А тоже самое, что В, а С тоже самое, что В, то необходимо, что А тоже самое, что С. Потому что этотъ принципъ вытекаетъ изъ принципа противорѣчія и есть опора и основаніе всякой логики; если этотъ принципъ несостоятеленъ, тогда нѣтъ никакого другаго способа умозаключать съ достовѣрностью.“ Но такой взглядъ на предметъ кажется не гармонируетъ съ тѣмъ, который онъ принималъ въ своемъ посмертномъ трактатѣ.

Однако Томсонъ былъ знакомъ съ трактатами Лейбница и ссылается на нихъ въ своема Outline of the necessary Laws of Thought. Онъ называетъ ихъ цѣнными; тѣмъ не менѣе онъ не замѣтилъ въ нихъ самаго цѣннаго пункта; потому что приведши двѣ краткія выдержки, онъ вовсе не упомянулъ о принципѣ замѣщенія.

Ибервега можно считать наиболѣе авторитетнымъ въ исторіи логики, и въ своей извѣстной *Системѣ логики и исторіи логическихъ доктринъ* онъ сообщаетъ нѣкоторыя свѣдѣнія о принципѣ замѣщенія, какъ онъ опредѣленно формулированъ въ *Логикѣ Поръ-рояльской*. Но при этомъ онъ вовсе не упоминаетъ о Лейбницѣ, да и въ другихъ мѣстахъ, насколько мнѣ извѣстно, онъ объ немъ не упоминаетъ. Его англійскій издатель, Линдсей, говоря о моемъ Substitution of Similars, указалъ на то, что меня предупредилъ въ этомъ Бенеке; но о Лейбницѣ онъ тоже ничего не говоритъ. Изъ этого видно, что самые ученые логики, даже спеціально занимавшіеся исторіей этой науки, не знали о самыхъ важныхъ сочиненіяхъ Лейбница по логикѣ.

Однако недавно мнѣ было указано, что Р. Герли на собраніи Британской Ассоціаціи въ Ноттингемѣ въ 1866 г. говорилъ о томъ, что Лейбницъ предупредилъ Буля въ его законахъ логическаго обозначенія [1]), и мнѣ сообщили, что Буль спустя около года послѣ изданія своихъ Laws of Thought узналъ объ этихъ предупрежденіяхъ отъ Лесли Эллиса.

Былъ еще по крайней мѣрѣ одинъ нѣмецкій логикъ, который открылъ или принималъ принципъ замѣщенія. Рейшъ въ своей Systema Logicum, напечатанной въ 1734 г., старался дать болѣе широкія основанія для аксіомы силлогизма, dictum de omni et nullo. Онъ доказываетъ, что „весь процессъ обыкновеннаго умозаключенія совершается посредствомъ замѣщенія идей въ субъектѣ или предикатѣ основнаго предложенія. Нѣкоторые называютъ это *уравненіемъ мыслей*“. Но въ рукахъ Рейша замѣщеніе не повело къ простотѣ, такъ какъ оно должно было дѣлаться на основаніи правилъ равнозначности, взаимности, подчиненія и координаціи [2]). Иногда объ немъ говорятъ, какъ о *знаменитомъ Рейшѣ* [3]); но тѣмъ не менѣе я не могъ найти экземпляра его книги въ Лондонѣ, даже въ библіотекѣ Британскаго музея; она не упоминается въ печатномъ каталогѣ Бодлеянской библіотеки; книгопродавцы Ашеры не могли найти ее для меня даже въ Германіи по объявленіямъ; не удалось это и профессору Адамсону. Судя по тому, какъ Рейшъ упоминаетъ о принципѣ замѣщенія, можно думать, что и другіе логики начала XVIII столѣтія были знакомы съ нимъ. Но если такъ, то еще болѣе любопытно, что новѣйшіе историки логики не обратили вниманія на эту доктрину.

---

[1]) Секція 120.

[2]) Гамильтонъ, Lectures, v. IV. p. 319.

[3]) Jbid. p. 326.

Это очень странный и неутѣшительный фактъ, что вѣрные взгляды въ логикѣ были открыты и обсуждаемы почти въ теченіи двухъ столѣтій, и однако же остались безъ вліянія, подобно сочиненіямъ Д. Бентама въ нынѣшнемъ столѣтіи, на послѣдующій прогрессъ науки. Можно считать несомнѣннымъ, что ни одинъ изъ открывателей количественнаго опредѣленія предиката, каковы Бентамъ, Гамильтонъ, Томсонъ, Де Морганъ и Буль, не воспользовались указаніями на этотъ принципъ, находящимися въ сочиненіяхъ прежнихъ писателей. Что касается моихъ собственныхъ взглядовъ въ логикѣ, то они получили первоначальную форму при тщательномъ изученіи сочиненій Буля, какъ это подробно показано въ моемъ первомъ логическомъ опытѣ [1]). Что же касается до процесса замѣщенія, то я не заимствовалъ его изъ какого нибудь сочиненія по логикѣ; но это просто процессъ замѣщенія или подстановки, который столь обыкновененъ въ математикѣ и съ которымъ я необходимо долженъ былъ коротко познакомиться при моихъ продолжительныхъ занятіяхъ математикой подъ руководствомъ Де Моргана.

Я нахожу, что теорія числа, которую я изложилъ въ VIII главѣ этого сочиненія, также была отчасти предуказана въ одномъ примѣчаніи Лейбница. Онъ сначала формулируетъ въ видѣ аксіомы очень извѣстный теперь законъ Буля слѣдующимъ образомъ:

„Аксіома I. Если одну и туже вещь сложить съ нею же самой, то не получается ничего новаго, или $A+A=A$.—Примѣчаніе. Въ числахъ дѣйствительно $4+4$ даютъ 8, или двѣ монеты прибавленныя къ двумъ монетамъ составятъ четыре монеты, но въ этомъ случаѣ двѣ прибавленныя монеты отличны отъ прежнихъ; но если бы они были тѣже самыя, то не произошло бы ничего новаго, и это было бы тоже самое, какъ если бы мы для шутки изъ трехъ яицъ захотѣли сдѣлать шесть, считая сначала три яйца, а потомъ удаливши одно, остальныя два, и наконецъ удаливши еще одно, присчитали бы остальное“.

Пусть читатель сравнитъ это съ тѣмъ, что сказано у меня на страницахъ 150—155.

---

[1]) Pure Logic or the Logic of Quality apart from Quantity; with Remarks on Boole's System and on the Relation of the Logic and Mathematics, London 1864. ср. 3.

Въ послѣднее время Литтре [1]) хотѣлъ найти аналогію и вообразилъ, будто нашелъ ее между системою формальной логики, изложенною въ предлагаемой книгѣ, и логическими пріемами, придуманными знаменитымъ Раймондомъ Люлли. Методъ нахожденія Люлли былъ описанъ во многихъ средневѣковыхъ книгахъ, но лучше всего изложенъ въ его Ars Compendiosa Inveniendi Veritatem seu Ars Magna et Major. Этотъ методъ состоитъ въ томъ, чтобы помѣщать названія вещей въ секторы концентрическихъ круговъ, такъ что когда круги будутъ повернуты, то легко получатся механическимъ способомъ всевозможныя комбинаціи вещей. Можетъ быть въ этомъ методѣ и можно найти неопредѣленное и грубое предупрежденіе комбинаціонной логики; но очень хорошо извѣстно, что результаты метода Люлли обыкновенно бываютъ фантастичны если даже не нелѣпы.

Гораздо болѣе близкую аналогію съ логическимъ алфавитомъ можно найти въ логическомъ квадратѣ, изобрѣтенномъ Іоганномъ Христіаномъ Ланге и описанномъ въ рѣдкомъ и неизвѣстномъ сочиненіи, которое я недавно нашелъ въ Британскомъ музеѣ [2]). Этотъ квадратъ выражаетъ собою принципъ раздвояющейся классификаціи, былъ улучшенною формою Рамусова и Порфиріева дерева (см. въ текстѣ стр. 654) и дѣйствовалъ механически. Существуетъ большая аналогія между его квадратомъ и моими счетами; но Ланге не дошелъ до логической системы, которая дала бы ему возможность примѣнить свое изобрѣтеніе къ логическому умозаключенію на подобіе логическихъ счетовъ. О другомъ сочиненіи Ланге говорятъ, что въ немъ въ первый разъ были публикованы извѣстные Эйлеровы чертежи предложенія и силлогизма [3]).

Послѣ перваго изданія настоящей книги появилось важное сочиненіе Джоржа Льюиса, именно его Problems of Life and Mind, которое въ значительной мѣрѣ трактуетъ о научномъ методѣ и формулируетъ правила философствованія. Мнѣ бы хотѣлось поговорить объ отношеніи взглядовъ Льюиса къ взглядамъ высказываемымъ въ этой книгѣ; но по недостатку мѣста я долженъ отказаться отъ этого. По той же причинѣ я не могу сравнить моего изложенія теоріи вѣроятностей съ взглядами, высказанными

---

[1]) La Philosophie Positive, Mai-Juin, 1877, t. XVIII. p. 456.

[2]) Inventum Novum Quadrati Logici etc., Gissae Hassorum, 1714, 8-vo.

[3]) Система логики, Ибервега, въ англійск. пер., стр. 302.

Венномъ въ его Logic of Chance. Съ глубокомысленными и замѣчательными сочиненіями Морфи Habit and Intelligence и The Scientific Basis of Faith я къ сожалѣнію познакомился уже тогда, когда написаны были слѣдующія страницы. На эти сочиненія долженъ обратить вниманіе каждый, кто желаетъ понять тенденцію философіи и научный методъ настоящаго времени.

Мнѣ слѣдовало бы также отвѣтить нѣкоторымъ критикамъ, которые указывали на признаваемые ими недостатки въ доктринахъ этой книги, въ особенности въ первой части, которая трактуетъ о дедукціи. Нѣкоторыя рецензіи на это сочиненіе были скорѣе перечнемъ его содержанія, чѣмъ критиками. Такъ, я очень обязанъ Луи Льяру, профессору философіи въ Бордо, за весьма тщательное изложеніе принципа замѣщенія, сдѣланное имъ въ превосходномъ Revue Philosophique, издаваемомъ Рибо (Mars, 1877, t. III. p. 277). Столь же тщательный отчетъ о моей системѣ данъ былъ Рилемъ, профессоромъ философіи въ Грацѣ, въ его статьѣ Die Englische Logic der Gegenwart, напечатанной въ Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie (I Heft, Leipzig, 1876).

Я также долженъ упомянуть съ признательностью о дѣльныхъ и обстоятельныхъ обзорахъ моей книги, появившихся въ New York Daily Tribune и New York Times.

Наиболѣе серьезныя возраженія противъ моей обработки логики относились къ тому, что я не анализировалъ основной природы и начала законовъ мышленія. Spectator [1]) напр. въ своемъ обзорѣ говоритъ о принципѣ замѣщенія: „Это несомнѣнно большое упущеніе не изслѣдовать, откуда же взялся этотъ самый великій принципъ, есть ли онъ чистый законъ ума или только приблизительный урокъ опыта; и если это чистый продуктъ ума, то существуютъ ли какіе нибудь другіе продукты того же рода, которые доставляетъ намъ сама наша познавательная способность“. Робертсонъ въ своемъ очень проницательномъ обзорѣ [2]) также возражаетъ противъ отсутствія въ книгѣ психологическаго и философскаго анализа. „Если книга дѣйствительно соотвѣтствуетъ своему заглавію, то Джевонсъ едва ли могъ такъ легко отнестись къ вопросу, который онъ не забылъ поставить, объ этихъ несомнѣнныхъ принципахъ знанія, обыкновенно называемыхъ законами мышленія. Вообще онъ слабъ вездѣ, гдѣ касается собственно философскихъ вопросовъ; также неудовлетворителенъ онъ и въ своихъ психологическихъ замѣчаніяхъ, гдѣ онъ не высказываетъ ни одного положенія, не сопровождая его словами „вѣроятно“, „почти“ или „едва“. Оговорки, выражающія нерѣшительность сужденія, иногда очень умѣстны, но есть фундаментальные вопросы, о которыхъ нужно составить себѣ опредѣленныя сужденія“.

---

[1]) Spectator, September 19, 26, 1874. p. 1178, 1204.

[2]) Mind, a Quarterly Review of Psychology and Philosophy. № 2. April 1876. v. I. p. 206.

Эти замѣчанія кажутся мнѣ весьма основательными и я долженъ сказать, почему я отважился публиковать обширное сочиненіе по логикѣ, не составивши для себя опредѣленныхъ сужденій относительно основной природы процесса умозаключенія. Это упущеніе, которое можно исправить. Въ будущемъ мнѣ предстоитъ восполнить этотъ пробѣлъ, если я сознаю себя способнымъ взяться за такое дѣло. Но я не считаю существенною частью всякаго трактата разборъ самыхъ послѣднихъ основъ предмета составляющаго его содержаніе. Анализъ предмета долженъ же гдѣ нибудь останавливаться. Существовали удовлетворительные трактаты о свѣтѣ, которые вѣрно описывали законы явленія, прежде еще чѣмъ рѣшенъ былъ вопросъ, состоитъ ли свѣтъ изъ волнообразныхъ движеній или испускаемыхъ свѣтящимся тѣломъ частичекъ. И въ настоящее время мы имѣемъ удовлетворительные трактаты о волнообразной теоріи, хотя они оставляютъ насъ въ полномъ сомнѣніи относительно того, что такое среда совершающая здѣсь волнообразныя движенія. Я думаю, что подобно этому и въ настоящее время намъ нужно точное и научное изложеніе формальныхъ законовъ мышленія и формъ умозаключенія, основанныхъ на нихъ, хотя мы и не имѣемъ возможности вдаваться въ полный анализъ природы этихъ законовъ. Какова была бы въ настоящее время геометрія, если бы греческіе геометры приняли за правило, что не слѣдуетъ публиковать никакихъ предположеній, пока не будетъ рѣшительно опредѣлена природа аксіомы? Чѣмъ была бы въ настоящее время арифметика, если бы анализъ природы самаго числа былъ необходимымъ предварительнымъ вступленіемъ къ изложенію результатовъ его законовъ? Въ послѣднее время было сдѣлано чрезвычайно много новаго въ математикѣ, но попытокъ психологическаго анализа было весьма мало. Александрійская и раннія средневѣковыя философскія школы обращали особенное вниманіе на природу единства и множественности главнымъ образомъ въ виду вопроса о Троицѣ. Въ послѣдніе два столѣтія цѣлыя науки возникли изъ понятія множественности, и однако же умозрѣнія о природѣ множественности прекратились. Настоящій трактатъ содержитъ въ VIII главѣ одну изъ немногихъ новыхъ попытокъ анализировать самое понятіе числа.

Если бы потребовалось дальнѣйшее разъясненіе примѣрами, то я могъ бы указать на дифференціальное исчисленіе. Никто не подвергаетъ сомнѣнію формальной истины результатовъ этого исчисленія. Всѣ наиболѣе точныя и успѣшныя части физики зависятъ отъ употребленія его, и однако же математики, которые выработали такую массу точныхъ истинъ, еще не рѣшили вопроса объ основаніяхъ этого исчисленія. Какова природа предѣла или природа безконечнаго? Предложите этотъ вопросъ обществу математиковъ и едва ли хоть двое изъ нихъ будутъ согласны между собою, или же самый этотъ вопросъ признаютъ празднымъ. Нѣкоторые думаютъ, что не существуетъ безконечностей и что весь вопросъ состоитъ въ предѣлахъ. Другіе же сказали бы, что безконечность есть необходимое слѣдствіе предѣла, и затѣмъ нашлись бы математики съ различными оттѣнками мнѣній, составляющихъ средину между этими крайними мнѣніями.

Совершенно тоже самое и въ логикѣ. Если формы дедуктивнаго и индуктивнаго умозаключенія, описанныя въ первой части этого сочиненія, вѣрны, то они составляютъ несомнѣнное приращеніе логическаго знанія и было бы нелѣпо удерживаться отъ публикованія такихъ результатовъ на томъ основаніи, что я не составилъ для себя опредѣленныхъ сужденій о психологической и философской сторонѣ этого предмета. А главное дѣло въ томъ, что моя книга есть трактатъ о формальной логикѣ, а не психологическій или философскій трактатъ.

На это можно возразить, какъ и возражаетъ Spectator, что *логика* Милля особенно сильна въ разработкѣ психологическихъ основаній умозаключенія, такъ что представляется, какъ будто Милль удачно разработалъ то, за что я не считаю себя способнымъ взяться въ настоящее время. Если бы сдѣланный Миллемъ анализъ знанія былъ вѣренъ, то я ничего не могъ бы сказать въ оправданіе недостатковъ моей книги. Но нужно дѣлать за одинъ разъ только одно дѣло, и потому я не могъ посвятить значительной части этой книги полемикѣ и опроверженіямъ. Все, что я имѣю сказать о логикѣ Милля, будетъ сказано въ особомъ сочиненіи, въ которомъ довольно подробно будетъ разобранъ его анализъ знанія. Тогда, я думаю, будетъ видно, что психологическая и философская разработка логики у Милля не дала такихъ удовлетворительныхъ результатовъ, какіе видятъ въ ней нѣкоторые писатели.

Нѣсколько меньшихъ, но все таки важныхъ возраженій было сдѣлано Робертсономъ, и на нѣкоторыя изъ нихъ я указалъ въ текстѣ (стр. 28, 102). Въ другихъ случаяхъ его возраженія таковы, что на нихъ едва ли возможенъ какой нибудь другой отвѣтъ, кромѣ обращенія къ читателю, чтобы онъ самъ разсудилъ дѣло между авторомъ и критикомъ. Такъ Робертсонъ утверждаетъ [1], что многія сложныя логическія задачи, рѣшенныя въ этомъ сочиненіи, могутъ быть легче и короче рѣшены при помощи принциповъ и общепринятыхъ методовъ традиціонной логики. Обязанность доказательства въ этомъ случаѣ лежитъ на Робертсонѣ, а его доказательство состоитъ только изъ одного случая, когда онъ могъ получить, какъ мнѣ кажется случайно, специальное заключеніе посредствомъ старой формы дилеммы. Было бы слишкомъ долго пробовать старую логику на всякомъ результатѣ, полученномъ посредствомъ моего обозначенія, и я долженъ предоставить читателямъ, знакомымъ съ силлогистической логикой, произнести сужденіе о сравнительной простотѣ и силѣ старой и новой системы. Другія мѣткія возраженія читатель можетъ найти самъ въ указанной статьѣ Робертсона.

Одинъ пунктъ въ моей послѣдней главѣ, о результатахъ и границахъ научнаго метода, былъ критически разобранъ Клиффордомъ въ его лекціи The First and the Last Catastrophe [2]. Именно я указывалъ на извѣстныя заключенія, выведенныя знаменитыми физиками относительно предѣла древности настоящаго порядка вещей. „Согласно съ выводами Томсона изъ *теоріи теплоты* Фурье мы можемъ прослѣдить разсѣяніе теплоты посредствомъ проведенія теплоты и лучеспусканія до безконечно отдаленнаго времени, когда всѣ вещи будутъ одинаково холодны. Но мы не можемъ подобнымъ же образомъ прослѣдить исторію теплоты во вселенной до безконечно далекаго времени въ прошедшемъ. Для извѣстной отрицательной величины времени формулы даютъ невозможныя величины, показывая тѣмъ, что было какое-то первоначальное распредѣленіе теплоты, которое не могло произойти по извѣстнымъ законамъ отъ какого нибудь предшествующаго распредѣленія."

---

[1] Mind, I p. v. 222.

[2] Fortnightly Review, New Series, April 1875, p. 480. Эта лекція была перепечатана обществомъ Sunday Lecture, p. 24.

Клиффордъ утверждаетъ, что я невѣрно представилъ результаты Томсона. „Томсонъ говоритъ не на основаніи извѣстныхъ законовъ природы, а на основаніи извѣстныхъ законовъ проводимости теплоты. Эти физики, зная то, о чемъ они пишутъ, просто выводятъ заключенія, какія можно резонно вывести изъ фактовъ, находящихся передъ ними. Они говорятъ, есть такое состояніе вещей, которое не могло быть произведено обстоятельствами, которыя мы изслѣдуемъ въ настоящее время. Но вотъ является умозрительный философъ, читаетъ сентенцію и говоритъ: вотъ прекрасный случай для меня обдѣлать мое дѣло. И онъ его обдѣлываетъ и составляетъ совершенно неосновательную теорію о необходимомъ началѣ настоящаго порядка природы въ какой нибудь опредѣленный пунктъ времени, который можетъ быть вычисленъ".

Клиффордъ затѣмъ объясняетъ, что формулы Томсона даютъ только предѣлъ для исторіи теплоты земной коры въ твердомъ состояніи. Мы доходимъ до того времени, когда она перешла въ твердое состояніе изъ жидкаго. Существуетъ перерывъ въ исторіи твердой матеріи, но перерывъ, который мы еще можемъ понять. Идя еще дальше назадъ, мы опять пришли бы къ перерыву, когда образовалась жидкость вслѣдствіе сгущенія нагрѣтой газообразной матеріи. Однако дальше этого событія уже нѣтъ надобности предполагать дальнѣйшій перерывъ закона, потому что газообразная матерія могла состоять изъ частицъ, которыя падали другъ къ другу изъ различныхъ частей пространства въ теченіи безконечнаго прошлаго времени. Клиффордъ говоритъ о тѣлахъ вселенной: „Все, что имъ нужно было сдѣлать, это упасть вмѣстѣ, и сдѣлаться твердыми. Если бы послѣдовалъ обратный процессъ, то мы увидали бы, какъ они расходятся и становятся холодными и предѣломъ въ этомъ случаѣ было бы то, что всѣ эти тѣла распались бы на частицы, которыя улетѣли бы прочь другъ отъ друга. Этому процессу не было бы предѣла и мы могли бы прослѣдить его назадъ, сколько бы намъ угодно было слѣдить за нимъ".

Если даже я и ошибался, то могу сказать, что ошибался въ самой лучшей компаніи, или, говоря точнѣе, будучи умозрительнымъ философомъ, я былъ введенъ въ заблужденіе самыми лучшими физиками. Тетъ въ своемъ Sketch of Thermodynamics, разсматривая законы открытые Фурье для движенія теплоты въ твердыхъ тѣлахъ, говоритъ: „ихъ математическое выраженіе указываетъ также на тотъ фактъ, что однородное распредѣленіе теплоты или распредѣленіе, стремящееся сдѣлаться однороднымъ, должно было произойти отъ какого нибудь первоначальнаго распредѣленія теплоты, которое не могло быть выведено по извѣстнымъ законамъ изъ какого нибудь предшествующаго распредѣленія“. Въ послѣднихъ словахъ не видно, чтобы разсужденіе ограничивалось только законами проводимости, и хотя я тщательно изучалъ подлинный мемуаръ Томсона, однако для меня было очень естественно принять то толкованіе смысла его, какое я нашелъ у Тета[1]).

Въ своемъ новомъ сочиненіи „*О новѣйшихъ успѣхахъ физическихъ знаній*“, Тетъ говоритъ объ этомъ же предметѣ слѣдующимъ образомъ: „Глубокій урокъ можетъ быть извлечонъ изъ одного изъ самыхъ раннихъ небольшихъ мемуаровъ Томсона, гдѣ онъ показываетъ, что великолѣпный трактатъ Фурье о проводимости теплоты (въ твердомъ тѣлѣ) даетъ такія формулы для ея распредѣленія, которыя понятны (и конечно могутъ быть повторены опытомъ) для всего будущаго времени, но которыя за исключеніемъ частныхъ случаевъ при распространеніи ихъ на прошедшее время оказываются понятными только для конечнаго періода и потому указываютъ на такое состояніе вещей, которое не могло вытекать при извѣстныхъ законахъ изъ какого нибудь мыслимаго предшествующаго распредѣленія (теплоты). Что касается теплоты, то новыя изслѣдованія показали, что предшествующее распредѣленіе матеріи способно было ея потенціальной энергіей произвести такое состояніе въ моментъ ея аггрегаціи; но этотъ примѣръ приведенъ не только по его отношенію къ теплотѣ, но и какъ простое поясненіе того факта, что всѣ части нашей науки и въ особенности прекрасный отдѣлъ ея о разсѣяніи энергіи единогласно указываютъ на начало, на такое состояніе вещей, которое при существующихъ законахъ (осязаемой матеріи и ея энергіи) не можетъ быть выведено ни изъ какого мыслимаго предшествующаго состоянія". Такъ какъ это было напечатано почти годъ спустя послѣ лекціи Клиффорда, то изъ этого можно заключить, что Тетъ остается при своемъ первоначальномъ мнѣніи, что теорія теплоты представляетъ доказательство „начала".

---

[1] Подлинныя слова Томсона слѣдующія (Cambridge Mathematical Journal, Nov. 1842, v. III. p. 174): „Если x отрицателенъ, то представляемое состояніе не можетъ быть результатомъ какого нибудь *возможнаго* распредѣленія температуры, которое существовало прежде“. Въ этой фразѣ тоже не видно, что дѣло идетъ исключительно о законахъ проводимости; но такъ какъ весь мемуаръ трактуетъ о результатахъ проводимости въ твердомъ тѣлѣ, то конечно нужно подразумѣвать такое ограниченіе. См. также второй мемуаръ объ этомъ предметѣ въ томъ же журналѣ за февраль 1844, v. IV. p. 67, гдѣ тоже прямо не выражено такое ограниченіе.

Я могу прибавить, что слова Клерка Максуэлля повидимому поддерживаютъ тотъ же взглядъ, такъ какъ онъ говоритъ: „Это есть только одинъ изъ случаевъ, въ которыхъ разсмотрѣніе разсѣянія энергіи приводитъ къ опредѣленію высшаго предѣла древности наблюдаемаго порядка вещей". Выраженіе „наблюдаемый порядокъ вещей" очень двумысленно; но за отсутствіемъ точнѣйшаго опредѣленія его я могу принимать, что оно обозначаетъ совокупнось извѣстныхъ намъ законовъ природы. Я могу объяснить слова Максуэлля въ томъ смыслѣ, что теорія теплоты указываетъ на совершеніе какого-то событія, которому наша наука не можетъ дать дальнѣйшаго объясненія. Такимъ образомъ весь этотъ вопросъ вовсе не такъ ясенъ для физиковъ, какъ полагаетъ Клиффордъ.

Мое собственное мнѣніе, насколько я могу судить объ этомъ предметѣ, таково, что Клиффордъ правъ и что извѣстные намъ законы природы не даютъ намъ права принимать „начала". Наука показываетъ намъ въ прошломъ безконечную продолжительность времени. Но если Клиффордъ правъ въ этомъ пунктѣ, то нѣтъ основанія признать его правымъ въ его другихъ мнѣніяхъ, изъ которыхъ нѣкоторыя, я увѣренъ, ложны. Нѣтъ также основанія, почему бы остальныя части моей послѣдней главы были ложны. Вопросъ касается только одного параграфа на стр. 690—93 этого сочиненія, который по моему мнѣнію можетъ быть выпущенъ и это не потребуетъ никакого измѣненія въ остальномъ содержаніи книги. Всегда нужно помнить, что несостоятельность аргумента въ пользу какого нибудь положенія не много прибавляетъ, если только прибавляетъ, къ вѣроятности противоположнаго положенія. Въ заключеніе я долженъ высказать мою признательность Клиффорду за его лестныя выраженія о моемъ сочиненіи въ цѣломъ его объемѣ.

Августа 15, 1877 г.

ПРЕДИСЛОВІЕ

къ первому изданію.

Можно навѣрное утверждать, что быстрый прогрессъ естественныхъ наукъ въ теченіи послѣднихъ трехъ столѣтій не сопровождался соотвѣтствующимъ прогрессомъ въ теоріи умозаключенія. Естествоиспытатели обыкновенно употребляютъ выраженіе „научный методъ“, но не могутъ сказать, что они разумѣютъ подъ этимъ выраженіемъ. Погружонные въ изученіе отдѣльныхъ классовъ явленій природы, они обыкновенно до того увлекаются многочисленными и все увеличивающимися подробностями своихъ спеціальныхъ наукъ, что уже не могутъ заниматься общими разсужденіями о методахъ умозаключенія безсознательно употребляемыхъ ими. Однако немногіе станутъ отрицать, что эти методы также должны быть изучаемы и въ особенности тѣми, которые стараются ввести научный порядокъ въ менѣе успѣшно разработываемые и менѣе методическіе отрасли знанія.

Примѣненіе научнаго метода не можетъ быть ограничено сферою неодушевленныхъ предметовъ. Раньше или позже должны возникнуть строгія науки и о тѣхъ умственныхъ и соціальныхъ явленіяхъ, которыя, если только здѣсь возможно сравненіе, представляютъ для насъ еще болѣе интереса, чѣмъ чисто матеріальныя явленія. Но самый естественный ходъ умозаключенія состоитъ въ томъ, чтобы переходить отъ извѣстнаго къ неизвѣстному, отъ очевиднаго къ неясному, отъ матеріальнаго и осязательнаго къ тонкому и неосязаемому. Поэтому естественныя науки представляютъ самую удобную арену для упражненія способности умозаключенія, потому что они даютъ намъ большую массу точныхъ и успѣшныхъ изслѣдованій. Въ этихъ наукахъ мы встрѣчаемъ прекрасные примѣры несомнѣнно дедуктивнаго умозаключенія, обширныхъ обобщеній, удачныхъ предсказаній, удовлетворительныхъ повѣрокъ и тонкаго примѣненія вѣроятностей. Мы можемъ указать въ нихъ, какъ малѣйшій намекъ аналогіи привелъ къ славнымъ открытіямъ, какъ являлись наконецъ быстрыя обобщенія, или какъ несомнѣнные рѣшающіе опыты прекращали долго длившіеся споры между двумя соперничествующими теоріями.

Преслѣдуя мою цѣль открыть общіе методы индуктивнаго изслѣдованія, я нашолъ, что самые обработанные и интересные процессы количественной индукціи имѣютъ свое необходимое основаніе въ болѣе простой наукѣ формальной логики. Поэтому первая и вѣроятно наименѣе привлекательная часть этого сочиненія содержитъ изложеніе такъ называемыхъ основныхъ законовъ мышленія и важнѣйшаго принципа замѣщенія, развитіемъ котораго служитъ по моему мнѣнію всякое умозаключеніе. Вся процедура индуктивнаго изслѣдованія въ ея самыхъ сложныхъ случаяхъ уже заключается въ комбинаціонномъ пріемѣ логики, который прямо вытекаетъ изъ этихъ основныхъ принциповъ. Мимоходомъ я описалъ механическіе приборы, помощью которыхъ можно сдѣлать очевиднымъ для глаза и легкимъ для ума и рукъ употребленіе важной формы называемой логическимъ алфавитомъ и весь процессъ комбинаціонной системы формальной логики.

Изученіе какъ формальной логики, такъ и теоріи вѣроятностей привело меня къ тому мнѣнію, что нѣтъ особаго метода индукціи противоположнаго дедукціи, но что индукція есть просто обратное примѣненіе дедукціи. Въ теченіи прошлаго столѣтія обнаружилась реакція противъ чисто эмпирическаго метода Ф. Бекона и естествоиспытатели стали защищать употребленіе гипотезъ. Я держусь того мнѣнія, что Ф. Беконъ, хотя и вѣрно настаивалъ на постоянномъ обращеніи къ опыту, однако не имѣлъ вѣрныхъ понятій о логическомъ методѣ, посредствомъ котораго мы изъ частныхъ фактовъ выводимъ законы природы. Я стараюсь показать, что гипотетическое предугадываніе природы есть существенная часть индуктивнаго изслѣдованія и что Ньютоновскій методъ дедуктивнаго умозаключенія въ соединеніи съ тщательной экспериментальной повѣркой былъ причиною всѣхъ великихъ тріумфовъ научнаго изслѣдованія.

Стараясь разъяснить этотъ взглядъ на научный методъ, я долженъ былъ прежде всего показать, что науки о числѣ и количествѣ основываются на болѣе простой и болѣе общей наукѣ логикѣ и вытекаютъ изъ нея. Затѣмъ излагается теорія вѣроятности, которая даетъ намъ способъ опредѣлять и вычислять количества знанія, причемъ особенное вниманіе обращено на обратный методъ вѣроятностей, въ которомъ по моему мнѣнію заключается настоящій принципъ индуктивнаго процесса. Всякое индуктивное заключеніе не болѣе чѣмъ вѣроятно и я держусь того мнѣнія, что теорія вѣроятности есть существенная часть логическаго метода, такъ что логическое достоинство всякаго индуктивнаго результата опредѣляется сознательно или безсознательно принципами обратнаго метода вѣроятности.

Явленія природы обыкновенно обнаруживаются въ количествахъ времени, пространства, силы, энергіи и проч., и наблюденіе, измѣреніе и анализъ различныхъ количественныхъ условій или результатовъ должны производиться по строго систематическому способу. Поэтому я посвятилъ цѣлую книгу простому и общему описанію пріемовъ, которыми производятся точныя измѣренія устраняются погрѣшности, получается вѣроятный средній результатъ и опредѣляется погрѣшность этого средняго результата. Затѣмъ я перехожу къ главному и вѣроятно самому интересному предмету книги, къ послѣдовательному разъясненію условій и предосторожностей, необходимыхъ для точнаго наблюденія, для успѣшнаго экспериментированія и для безошибочнаго открытія законовъ природы. Такъ какъ невозможно вѣрно понять достоинства количественныхъ законовъ, не имѣя постоянно въ виду степени количественнаго приближенія къ достижимой истинѣ, то я посвятилъ особую главу теоріи приближенія и хотя не вполнѣ удовлетворительно разработалъ этотъ предметъ, однако я считаю его существенною частью сочиненія о научномъ методѣ.

Затѣмъ мнѣ оставалось разъяснить правильное употребленіе гипотезъ, показать различіе между тѣми частями знанія, которыми мы обязаны эмпирическому наблюденію, случайному открытію или научному предсказанію. При этомъ возникаютъ интересные вопросы о согласіи между количественными теоріями и экспериментами, и я показываю, какимъ образомъ повѣрка гипотезы послѣдовательно различными методами эксперимента даетъ заключенія, только приближающіяся къ достовѣрности, но никогда не достигающія ея. Дополнительные объяснительные примѣры общаго хода индуктивныхъ изслѣдованій представлены въ главѣ о качествахъ экспериментатора, въ которой я старался показать, что обратный метотъ дедукціи былъ логическимъ методомъ такихъ великихъ учителей экспериментальнаго изслѣдованія, какъ Ньютонъ, Гюйгенсъ и Фаредей.

Въ отдѣлахъ объ обобщеніи и аналогіи я разсматриваю предосторожности, необходимыя при умозаключеніи отъ одного случая къ другому и отъ одной части вселенной къ другой, и показываю, что прочность всѣхъ такихъ умозаключеній основывается въ концѣ концовъ на обратномъ методѣ вѣроятностей. Разсмотрѣніе исключительныхъ явленій составило интересный предметъ для дальнѣйшей главы объясняющей различные способы, какими иногда можетъ быть объясненъ остаточный фактъ. Формальная часть книги заканчивается классификаціей, которая однако разсмотрѣна не достаточно полно. Въ сущности я ограничился только тѣмъ, что показалъ, что всякая классификація собственно основывается на принципахъ формальной логики и логическаго алфавита, описаннаго мною въ самомъ началѣ.

Въ нѣсколькихъ заключительныхъ замѣчаніяхъ я выразилъ убѣжденіе, которое постепенно сложилось во мнѣ вслѣдствіе изученія логики, что нѣкоторые ученые находятся въ весьма серьезномъ недоразумѣніи относительно логическаго достоинства нашихъ познаній о природѣ. Очень много говорятъ о томъ, что называется царствомъ закона, а необходимость и единообразіе естественныхъ силъ часто истолковывается въ томъ смыслѣ, какъ будто они ведутъ къ отрицанію разумнаго и благаго Существа, способнаго вмѣшиваться въ ходъ естественныхъ событій. Поэтому были высказаны опасенія, что прогрессъ научнаго метода можетъ разрушить самыя глубокія вѣрованія человѣческаго сердца. Даже „польза религіи" бралась темою для серьезныхъ разсужденій. Мнѣ казалось не неумѣстнымъ въ сочиненіи о научномъ методѣ указать на послѣдніе результаты и границы этого метода. Мнѣ кажется, что я не вполнѣ удовлетворительно высказалъ мое твердое убѣжденіе, что съ точки зрѣнія строгой логической требовательности царство закона оказывается непровѣренной гипотезой, единообразіе природы—двусмысленнымъ выраженіемъ, а достовѣрность нашихъ научныхъ умозаключеній—до значительной степени иллюзіей. Достоинство науки конечно весьма высоко въ томъ случаѣ, когда заключенія строго держатся въ предѣлахъ тѣхъ данныхъ, на которыхъ они основываются; но нужно имѣть въ виду, что нашъ опытъ имѣетъ очень ограниченный характеръ сравнительно съ тѣмъ, что намъ нужно узнать, между тѣмъ какъ наши умственныя способности оказываются очень ограниченными для такого дѣла, какъ пониманіе и полное объясненіе природы всякаго предмета. Я прихожу къ тому заключенію, что мы должны истолковывать результаты научнаго метода только въ утвердительномъ смыслѣ. Наша философія должна быть настоящей положительной философіей, а не той ложной отрицательной, которая, основываясь на немногихъ матеріальныхъ фактахъ, показываетъ видъ, будто она обняла границы существованія и въ тоже время игнорируетъ самые безспорныя вопросы ума и чувства.

Почти навѣрное можно сказать, что, свободно заимствуя объяснительные примѣры изъ многихъ различныхъ наукъ, я часто впадалъ въ ошибки въ подробностяхъ. Въ этомъ отношеніи я долженъ полагаться на снисходительность читателя, который, я надѣюсь, никогда не будетъ упускать изъ виду того, что научные факты упоминались у меня вообще только для разъясненія и примѣра, такъ что неточности въ подробностяхъ въ большинствѣ случаевъ не колеблютъ истины разъясняемыхъ ими общихъ принциповъ.

Декабря 15, 1873 г.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

КНИГА ПЕРВАЯ. Формальная логика, дедуктивная и индуктивная.

стр.
ГЛАВА I. Введеніе 1
ГЛАВА II. Термины 23
ГЛАВА III. Предложенія 35
ГЛАВА IV. Дедуктивное умозаключеніе 48
ГЛАВА V. Раздѣлительныя предложенія 66
ГЛАВА VI. Непрямой методъ умозаключенія 81
ГЛАВА VII. Индукція 121

КНИГА ВТОРАЯ. Число, разнообразіе и вѣроятность.

ГЛАВА VIII. Принципы числа 150
ГЛАВА IX. Разнообразіе природы, или ученіе о сочетаніяхъ и перемѣщеніяхъ 169
ГЛАВА X. Теорія вѣроятности 190
ГЛАВА XI. Философія индуктивнаго умозаключенія 209
ГЛАВА XII. Индуктивное или обратное примѣненіе теоріи вѣроятности 230

КНИГА ТРЕТЬЯ. Методы измѣренія.

ГЛАВА XIII. Точное измѣреніе явленій 257
ГЛАВА XIV. Единицы и образцы мѣръ 289
ГЛАВА XV. Анализъ количественныхъ явленій 316
ГЛАВА XVI. Методъ среднихъ 336
ГЛАВА XVII. Законъ погрѣшности 351

КНИГА ЧЕТВЕРТАЯ. Индуктивное изслѣдованіе

ГЛАВА XVIII. Наблюденіе 374
ГЛАВА XIX. Опытъ (экспериментъ) 390

стр.
ГЛАВА XX. Методъ измѣненій 412
ГЛАВА XXI. Теорія приближенія 428
ГЛАВА XXII. Количественная индукція 453
ГЛАВА XXIII. Употребленіе гипотезъ 472
ГЛАВА XXIV. Эмпирическое знаніе, объясненіе и предсказаніе . . . 492
ГЛАВА XXV. Согласіе количественныхъ теорій 515
ГЛАВА XXVI. Качества экспериментатора 536

КНИГА ПЯТАЯ. Обобщеніе, аналогія и классификація.

ГЛАВА XXVII. Обобщеніе 554
ГЛАВА XXVIII. Аналогія 585
ГЛАВА XXIX. Исключительныя явленія 600
ГЛАВА XXX. Классификація 627

КНИГА ШЕСТАЯ.

ГЛАВА XXXI. Размышленія о результатахъ и границахъ научнаго метода 684
Заключеніе 711

КНИГА ПЕРВАЯ.

Формальная логика, дедуктивная и индуктивная.

ГЛАВА I.

ВВЕДЕНІЕ.

Наука возникаетъ вслѣдствіе открытія тожества среди различія. Этотъ процессъ можно выразить различными словами; но наша рѣчь всегда должна указывать на присутствіе одного общаго и необходимаго элемента. Въ каждомъ актѣ умозаключенія или научнаго метода мы имѣемъ дѣло съ извѣстнымъ тожествомъ, подобіемъ, сходствомъ, аналогіей, равнозначностью, или кажущимся равенствомъ между двумя предметами. Сомнительно, омжетъ ли гдѣ нибудь представиться намъ совершенно изолированное явленіе; такъ какъ всегда должны быть нѣкоторые пункты сходства между однимъ и другимъ предметомъ. Но во всякомъ случаѣ изученіе изолированнаго явленія не можетъ повести ни къ чему. Вся цѣнность науки въ томъ и состоитъ, что она даетъ намъ возможность примѣнять къ извѣстному предмету знаніе, пріобрѣтенное нами на другихъ подобныхъ предметахъ; и такимъ образомъ мы можемъ извлекать пользу изъ нашихъ наблюденій только на столько, на сколько можемъ открывать и собирать сходства.

Природа есть постоянно представляющееся нашимъ чувствамъ зрѣлище, въ которомъ явленія соединены въ комбинаціяхъ безконечнаго разнообразія и новости. Все необыкновенное привлекаетъ къ себѣ вниманіе ума; память собираетъ въ запасъ слѣды каждаго отдѣльнаго впечатлѣнія; способность ассоціаціи снова вызываетъ такой слѣдъ, когда воспринимается что нибудь новое, подобное ему. Высшими способностями сужденія и умозаключенія умъ сравниваетъ новое со старымъ, находитъ существенное тожество, даже если оно замаскировано различными обстоятельствами, и ожидаетъ снова встрѣтить то, что было узнано имъ прежде. Основаніемъ всякаго сужденія и умозаключенія служитъ положеніе, что *то, что вѣрно относительно одной вещи, будетъ вѣрно и относительно другой, равнозначущей съ первой*, и что, при тщательно изслѣдованныхъ условіяхъ, *природа повторяется.*

И дѣйствительно, если бы вселенная находилась въ хаотическомъ состояніи, то способности ума, дѣйствующія въ наукѣ, были бы безполезны для насъ. Если бы случайность занимала мѣсто порядка и если бы всѣ явленія выходили какъ будто изъ *безконечной лотереи*, употребляя выраженіе Кондорсе, тогда не было бы никакого основанія ожидать подобнаго результата при подобныхъ обстоятельствахъ. Возможно представить себѣ такой міръ, въ которомъ двѣ вещи въ общемъ теченіи соединялись бы между собою не чаще, чѣмъ какія нибудь двѣ другія вещи. Частое соединеніе какихъ нибудь двухъ явленій было бы тогда чисто случайнымъ, и если бы мы стали ожидать, что соединенія будутъ повторяться постоянно, то наши ожиданія не сбылись бы. Въ такомъ мірѣ мы могли бы признать одинъ и тотъ же родъ явленій, когда бы онъ показывался намъ время отъ времени, совершенно такъ, какъ мы можемъ признать отмѣченный шаръ, когда онъ случайно вынимается изъ баллотировальнаго ящика; но приближеніе какого нибудь явленія никакъ не было бы предвѣщаемо тѣмъ, что произошло прежде, и не могло бы служить предуказаніемъ того, что произойдетъ въ будущемъ. Въ такомъ мірѣ знаніе было бы не больше, какъ только запоминаніемъ прошедшихъ совпаденій, и способности умозаключенія, если бы только они существовали, не давали бы никакихъ указаній на счетъ природы настоящаго и никакихъ предсказаній на счетъ будущаго.

Но, къ счастію, вселенная, въ которой мы живемъ, не есть результатъ случая и если намъ кажется, что гдѣ нибудь дѣйствуетъ случайность, то это происходитъ отъ несовершенства нашихъ способностей, которое мѣшаетъ намъ узнавать дѣйствіе закона и цѣли. Въ матеріальномъ зданіи этого міра вещества и силы представляются въ опредѣленныхъ и постоянныхъ комбинаціяхъ. Вещи въ немъ не находятся въ постоянномъ теченіи, какъ думали древніе философы. Элементъ остается элементомъ; желѣзо не превращается въ золото. Съ надлежащими предосторожностями мы можемъ разсчитывать снова встрѣтить одну и ту же вещь съ тѣми же свойствами. Составныя части земнаго шара являются намъ въ соединеніяхъ почти безконечныхъ; но каждое соединеніе имѣетъ свои постоянныя свойства и если его разложить, то оказывается состоящимъ изъ опредѣленныхъ веществъ. Конечно, недоразумѣнія должны встрѣчаться постоянно, но только благодаря ограниченности нашего опыта. Мы никогда не можемъ изслѣдовать и отмѣтить всѣхъ возможныхъ существованій до такой степени тщательно, чтобы быть увѣренными, что не встрѣтятся еще какія нибудь новыя существованія и не разстроятъ нашихъ разсчетовъ. Одинаковый внѣшній видъ можетъ скрывать подъ собою неопредѣленное количество незамѣтныхъ различій, которыхъ мы даже и не подозрѣваемъ. Мы не можемъ предполагать, чтобы нашъ короткій опытъ могъ указать границу разнообразію веществъ и силъ, разлитыхъ въ природѣ при ея возникновеніи, и мы постоянно должны имѣть въ виду необходимое несовершенство нашего знанія.

Однако, есть много и такого, что внушаетъ намъ довѣріе къ наукѣ. Чѣмъ болѣе будетъ расширяться нашъ опытъ, чѣмъ подробнѣе будетъ становиться наше изслѣдованіе земнаго шара и чѣмъ больше будетъ накопляться осмысленнаго знанія, тѣмъ меньше, по всей вѣроятности, будетъ ошибочныхъ умозаключеній сравнительно съ вѣрными. Исключенія изъ законовъ постепенно сами подводятся подъ законъ. Были открыты нѣкоторыя глубокія сходства между окружающими насъ предметами и никогда еще не случалось, чтобы этихъ сходствъ не оказывалось. Когда были найдены способы для изслѣдованія отдаленныхъ частей вселенной, то эти сходства оказались и тамъ, также точно какъ здѣсь. Другіе міры и звѣздныя системы могутъ быть почти невообразимо отличны отъ нашихъ по величинѣ, состоянію и расположенію частей, и однако же мы открываемъ тамъ тѣже элементы, изъ которыхъ состоитъ наше собственное тѣло. Мы открываемъ дѣйствіе однихъ и тѣхъ же законовъ природы въ каждой части вселенной, доступной нашимъ инструментамъ; и безъ сомнѣнія, эти законы сохраняютъ свою силу независимо отъ разстоянія, времени и обстоятельствъ.

Прерогатива открывать то, что однородно и неизмѣнно въ окружающихъ насъ явленіяхъ, принадлежитъ разсудку. Пока мы представляемъ, что одинъ предметъ только отличенъ отъ другого, до тѣхъ поръ знаніе безполезно и умозаключеніе невозможно. Но поскольку одинъ предметъ сходенъ съ другимъ, постольку мы можемъ переходить отъ одного къ другому. По мѣрѣ того какъ сходство бываетъ глубже и общѣе, становятся болѣе удивительными повелительныя силы знанія. Такимъ образомъ тожество въ той или другой изъ его фазъ становится мостомъ, по которому мы переходимъ въ умозаключеніи отъ случая къ случаю; и моя цѣль — прослѣдить въ этомъ трактатѣ различныя формы, въ которыхъ является одинъ и тотъ же процессъ умозаключенія въ постоянно увеличивающихся великихъ результатахъ научнаго метода.

Способности ума, участвующія въ образованіи науки.

Въ планъ настоящаго сочиненія не входитъ изслѣдованіе природы ума. Часто думаютъ, что логика есть отрасль психологіи, потому что мышленіе есть умственный процессъ. Но на этомъ же основаніи можно было бы утверждать, что всѣ науки составляютъ отрасли психологіи. Какъ будетъ объяснено далѣе, я принимаю мнѣніе Герберта Спенсера, что логика есть дѣйствительно объективная наука, подобно математикѣ или механикѣ. Поэтому только мимоходомъ я могу указать, что въ дѣлѣ пріобрѣтенія знанія принимаютъ участіе, вѣроятно, три способности. Они въ сущности, какъ ихъ опредѣлилъ Бенъ [1]), суть слѣдующія:

1) Способность различенія.
2) Способность находить тожество.
3) Способность сохраненія.

Мы употребляемъ въ дѣло первую способность въ каждомъ актѣ воспріятія. Едва ли мы можемъ имѣть ощущеніе безъ того, чтобы не отличать его отъ чего-нибудь предшествовавшаго ему. Сознательность, повидимому, состоитъ почти только въ переходѣ отъ одного состоянія ума къ другому, совершенно также какъ индуцированный токъ образуется при началѣ и при прерываніи первичнаго тока. Мы всегда употребляемъ въ дѣло различеніе; и зачатокъ мысли, существующій въ низшихъ животныхъ, вѣроятно, состоитъ въ ихъ способности чувствовать разницу и возбуждаться ею.

Однако, еслибы мы имѣли только одну способность различенія, то наука едва ли могла бы возникнуть. Знаніе того, что одно ощущеніе отличается отъ другаго, есть чисто отрицательное знаніе. Оно не можетъ предуказать намъ того, что случится далѣе. Въ подобномъ состояніи разсудка каждое ощущеніе было бы отлично отъ всякаго другаго; не было бы связи и посредствующаго сродства между ними. Мы нуждаемся въ объединяющей способности, помощью которой настоящее и будущее могло бы соединяться съ прошедшимъ; и это дѣлается особенной способностью ума. Лордъ Беконъ указалъ, что разные люди въ весьма различной степени обладаютъ способностями различенія и отожествленія. Дѣйствительно можно сказать, что различеніе необходимо предполагаетъ дѣйствіе противоположнаго процесса отожествленія; тоже безъ сомнѣнія имѣетъ мѣсто и въ отрицательныхъ случаяхъ. Но свойство ума, состоящее въ томъ, чтобы проникать черезъ видимое разнообразіе и схватывать общіе элементы тожества рѣдко; и это свойство служитъ настоящей мѣрой разсудка. Англійское названіе разсудка—

---

[1]) The Senses and Intellect, 2 ed. pp. 5, 325 et caet.

intellect—выражаетъ переплетаніе общаго съ частнымъ, что составляетъ особенную область ума1). Англійское слово cogitate (мыслить) есть латинское слово cogitare, указывающее на туже метафору. Логика тоже есть только другое названіе того же самаго процесса, свойственнаго разсудку; потому что λογος происходитъ отъ λεγείν, которое, подобно латинскому legere, первоначально значитъ собирать. Платонъ объ этой объединяющей способности выражался, что еслибы онъ встрѣтилъ человѣка, который могъ бы открыть *одно во многомъ*, то онъ послѣдовалъ бы за нимъ, какъ за Богомъ.

Законы тожества и различія.

Въ основаніи всякой мысли и науки должны лежать законы, которые выражаютъ самую природу и условія различающей и отожествляющей способности ума. Эти такъ называемые основные законы мышленія обыкновенно формулируются такъ:

1) Законъ тожества. *Все, что есть, то есть.*

2) Законъ противорѣчія. *Вещь не можетъ въ одно и тоже время и быть, и не быть.*

3) Законъ двойственности. *Вещь должна или быть, или не быть.*

Первое изъ этихъ положеній можетъ считаться просто описаніемъ самаго тожества, если только можно допустить описаніе такого основнаго понятія. Вещь во всякій моментъ тожественна сама съ собою, и если бы кто-нибудь не зналъ смысла слова *тожество*, то мы ничѣмъ лучше не могли бы объяснить его, какъ подобнымъ примѣромъ.

Второй законъ указываетъ, что противорѣчащіе аттрибуты никогда не могутъ быть соединены вмѣстѣ. Одинъ и тотъ же предметъ можетъ измѣняться въ своихъ различныхъ частяхъ; въ одномъ мѣстѣ онъ можетъ быть бѣлымъ, а въ другомъ черным; въ одно время онъ можетъ быть твердымъ, а въ другое—мягкимъ; но въ одно и тоже время, въ одномъ и томъ же мѣстѣ извѣстный аттрибутъ не можетъ и присутствовать, и отсутствовать. Аристотель справедливо представилъ этотъ законъ какъ первую изъ всѣхъ аксіомъ, какъ такую, которая не требуетъ никакого доказательства. Всѣ истины не могутъ быть доказываемы,

---

1) Максъ Мюллеръ, Lectures on the Science of Language, sec. ser., v. II. p. 63; или 6. ed v. II. p. 67. Высказанный въ текстѣ взглядъ на этимологическое значеніе слова intellect основывается на авторитетѣ М. Мюллера. Онъ противорѣчитъ общепринятому мнѣнію, по которому латинское слово intelligere (понимать) означаетъ выбирать между чѣмъ-нибудь, видѣть различіе между чѣмъ нибудь, различать, а не соединять.

а иначе существовала бы безконечная цѣпь доказательства; и мы въ такихъ очевидныхъ самихъ по себѣ истинахъ находимъ самыя простѣйшія основанія.

Третій изъ этихъ законовъ дополняетъ два первые. Онъ утверждаетъ, что на каждомъ шагу возможны двѣ альтернативы — присутствіе или отсутствіе, утвержденіе или отрицаніе. Поэтому я предлагаю назвать этотъ законъ закономъ двойственности, потому что онъ сообщаетъ всѣмъ формуламъ мышленія двойственный характеръ. Онъ утверждаетъ также, что между присутствіемъ и отсутствіемъ, существованіемъ и несуществованіемъ, утвержденіемъ и отрицаніемъ невозможна третья альтернатива. Какъ говоритъ Аристотель, между противоположными утвержденіями не можетъ быть ничего средняго: мы должны или утверждать, или отрицать. Отсюда и произошло неловкое названіе, подъ которымъ онъ былъ извѣстенъ, какъ законъ исключоннаго средняго.

Можно допускать, что эти законы не представляютъ трехъ независимыхъ и отдѣльныхъ законовъ, но что они скорѣе выражаютъ три различныя стороны одной и той же истины, и несомнѣнно, что каждый законъ предполагаетъ собою и заключаетъ въ себѣ другіе два. Но до сихъ поръ не найдено было возможнымъ выразить эти признаки тожества и различія меньше, чѣмъ въ тройственной формулѣ. Можетъ быть, читатель пожелаетъ имѣть какія-нибудь свѣдѣнія о томъ, какъ были установлены эти законы и какъ смотрѣли на нихъ философы разныхъ временъ. Въ такомъ случаѣ онъ найдетъ обильныя свѣдѣнія объ этомъ и многихъ другихъ пунктахъ въ исторіи логики, въ *Системѣ Логики* Ибервега, прекрасный англійскій переводъ которой былъ напечатанъ Линдсеемъ (см. стр. 228—281).

Природа законовъ тожества и различія.

Я долженъ хоть кратко коснуться здѣсь глубоко труднаго вопроса относительно природы и значенія этихъ законовъ тожества и различія. Суть ли это законы мысли или законы вещей? Принадлежатъ ли они только уму, или матеріальной природѣ? Съ одной стороны можно сказать, что наука есть чисто умственное существованіе и потому должна сообразоваться съ законами того, кто образовалъ ее. Наука находится въ умѣ, а не въ вещахъ, и свойства ума такимъ образомъ важнѣе всего. Хотя вѣрно и то, что эти законы подтверждаются наблюденіями внѣшняго міра; и если бы мы еще не имѣли ихъ въ нашемъ владѣніи, то они могли бы быть составлены и доказаны посредствомъ обобщенія. Но съ другой стороны можно утверждать, что мы не можемъ доказать этихъ законовъ никакимъ процессомъ мышленія или наблюденія, потому что сами законы, какъ остроумно замѣтилъ Лейбницъ, уже предполагаются напередъ въ самомъ понятіи доказательства. Они составляютъ предварительныя условія всякой мысли и всякаго знанія, и спрашивать объ ихъ истинности уже значитъ признавать ихъ истинными. Гарлей утонченно и остроумно развивалъ этотъ аргументъ, замѣчая, что если бы основные законы логики были недостовѣрны, тогда должна бы существовать логика втораго порядка, по которой мы могли бы опредѣлить степень недостовѣрности; а еслибы и вторая логика была недостовѣрна, тогда должна была бы существовать третья, и т. д. до безконечности. Такимъ образомъ мы должны предположить, или что существуютъ абсолютно достовѣрные законы мысли, или что вовсе не существуетъ никакой достовѣрности [1]). [illegible]

Мнѣ кажется, что логики обращали недостаточно вниманія на тотъ фактъ, что въ мышленіи всегда возможны ошибки и что они дѣйствительно встрѣчаются нерѣдко. Законы мышленія часто называются необходимыми законами, т. е. такими, неповиновеніе которымъ невозможно. Однако же, развѣ мы не видимъ на дѣлѣ, что эти законы часто не исполняются? Эти законы, которымъ умъ долженъ повиноваться, но которымъ онъ не всегда повинуется. Наши мысли не могутъ быть критеріемъ истины, потому что намъ часто приходится признавать свои ошибки даже въ аргументахъ умѣренной сложности и мы часто открываемъ наши ошибки только благодаря несогласію между нашими ожиданіями и явленіями объективной природы.

Гербертъ Спенсеръ думаетъ, что законы логики суть объективные законы [2]), и онъ представляетъ умъ какъ бы находящимся въ состояніи постояннаго воспитанія, такъ какъ каждый актъ ложнаго умозаключенія или невѣрнаго разсчета ведетъ къ результатамъ, которые способны предотвратить повтореніе подобныхъ ошибокъ. Я вполнѣ расположенъ принять эти остроумные взгляды; но въ то же время необходимо различать между накопленіемъ знанія и свойствами ума, которыя дѣлаютъ возможнымъ пріобрѣтеніе знанія. Прежде чѣмъ умъ начнетъ воспринимать или мыслить, на него должны подѣйствовать условія, необходимыя для мысли. Прежде чѣмъ будетъ сдѣлана ошибка, умъ долженъ ясно отличать ошибочное заключеніе отъ всякихъ другихъ положеній. Развѣ законы тожества и раличія не составляютъ предварительныхъ условій всякой сознательности и всякаго существованія? И не должны ли они считаться одинаково истинными какъ относительно матеріальныхъ, такъ и относительно нематеріальныхъ вещей? И если такъ, то какимъ же образомъ мы можемъ говорить, что они истинны только объективно или только субъективно?

---

[1]) Гартей, On Man, v. I p. 359.

[2]) Principles of Psychology, 2 ed. v. II. p. 86.

Словомъ, я склоненъ считать ихъ одинаково истинными «какъ въ области мыслей, такъ и въ области вещей», какъ я это и высказалъ въ моемъ первомъ логическомъ опытѣ [1]); и я думаю, что они относятся къ общему основанію всякаго существованія. Но это одинъ изъ самыхъ трудныхъ вопросовъ психологіи и метафизики, какіе только могутъ быть возбуждены, и едва ли логики должны заниматься рѣшеніемъ его. Какъ математикъ не изслѣдуетъ единства и множественности, но развиваетъ формальные законы множественности, такъ и логикъ, какъ я понимаю, долженъ предполагать истину законовъ тожества и различія и заниматься развитіемъ разнообразныхъ формъ умозаключенія, въ которыхъ можетъ обнаруживаться ихъ истина.

Также точно мнѣ едва ли нужно останавливаться на вопросѣ о томъ, чѣмъ занимается логика, языкомъ (словами), понятіями или вещами. Точно съ такимъ же правомъ мы могли бы разбирать вопросъ, чѣмъ занимается математика, символами (знаками), количествами или вещами. Конечно, математика занимается символами, но только какъ орудіями, служащими для того, чтобы облегчить ея разсужденія о количествахъ; и такъ какъ аксіомы и правила математики должны быть повѣряемы на конкретныхъ предметахъ, для того чтобы вычисленія основанныя на нихъ имѣли какое нибудь прочное значеніе и пользу, то изъ этого слѣдуетъ, что послѣдними предметами математической науки служатъ сами вещи. Подобнымъ же образомъ я представляю, что логика трактуетъ о языкѣ въ той мѣрѣ, въ какой онъ необходимъ для воплощенія и представленія мыслей. Даже если бы мышленіе могло совершаться только во внутреннемъ сознаніи человѣка безъ посредства какихъ бы то ни было знаковъ, — что сомнительно, то и въ этомъ случаѣ оно могло бы быть предметомъ изслѣдованія только тогда, когда оно могло бы обнаружиться для другихъ путемъ какой нибудь системы матеріальныхъ знаковъ. Логикъ поэтому употребляетъ слова и символы, какъ орудія мышленія, и предоставляетъ изученіе сущности и особенностей языка грамматикамъ. Но знаки опять таки должны соотвѣтствовать мыслямъ и выражаемымъ вещамъ, для того чтобы они могли служить для предположенной цѣли. Такимъ образомъ мы можемъ сказать, что логика трактуетъ собственно о мысляхъ и вещахъ, а ближайшимъ образомъ о знакахъ, выражающихъ ихъ. Знаки, мысли и внѣшніе предметы могутъ считаться параллельными и аналогичными рядами явленій и изученіе одной изъ трехъ серій равносильно изученію другихъ двухъ.

---

[1]) Pure Logic, or the Logic of Quality apart from Quantity, 1864. pp. 10 16, 22, 29, 36 etcaet.

Процессъ умозаключенія.

Основное дѣйствіе нашихъ мыслительныхъ способностей состоитъ въ заключеніи или перенесеніи на новый примѣръ явленія всего того, что мы узнали прежде о явленіи ему подобномъ, аналогичномъ, равнозначущемъ или равномъ. Одинаковость или тожество представляется намъ во всѣхъ степеняхъ, и извѣстно подъ различными названіями; но великое правило умозаключенія обнимаетъ всѣ степени и утверждаетъ, что *если только существуетъ одинаковость, тожество или сходство, то все, что вѣрно объ одной вещи, будетъ вѣрно и о другой*. Безъ сомнѣнія, большая трудность заключается въ томъ, чтобы убѣдиться, дѣйствительно ли существуетъ достаточная степень сходства или одинаковости, могущая гарантировать задуманное умозаключеніе; и наше главное дѣло будетъ состоять въ томъ, чтобы изслѣдовать условія, при которыхъ наше заключеніе можетъ быть правильнымъ. Въ настоящемъ мѣстѣ я желаю показать, что есть нѣчто общее всѣмъ актамъ умозаключенія, какъ бы ни были различны ихъ внѣшнія формы. Одно и тоже правило годится для самыхъ разнообразныхъ примѣненій.

Вѣроятно самую простѣйшую форму умозаключенія представляетъ употребленіе *образцовъ*, *примѣровъ*, или какъ выражаются попросту, *образчиковъ*. Чтобы доказать одинаковость двухъ частей товара, намъ нѣтъ надобности сравнивать прямо одну часть съ другой. Достаточно взять образчикъ, который точно представляетъ сложеніе, видъ и общую природу одной части, и согласно тому, сходенъ ли или нѣтъ этотъ образчикъ съ другимъ, мы судимъ о томъ, сходны или различны двѣ части товара. Все, что вѣрно относительно цвѣта, сложенія, плотности и матеріала образчика, будетъ вѣрно относительно самихъ товаровъ. Въ этихъ случаяхъ сходство качества есть условіе умозаключенія.

Совершенно такой же способъ заключенія примѣняется къ величинѣ или фигурѣ. Чтобы сравнить величину двухъ предметовъ, намъ нѣтъ надобности класть ихъ рядомъ. Палка, веревка или другая какая нибудь мѣрка можетъ быть взята для того, чтобы представлять длину одного предмета и, смотря по тому, будетъ ли эта мѣрка сходна съ другою или нѣтъ, и самые предметы будутъ сходны или нѣтъ. Въ этомъ случаѣ мѣрка или образчикъ представляетъ длину; но такъ какъ длину можно складывать и умножать, то нѣтъ надобности, чтобы мѣрка всегда была такой же величины, какъ самый предметъ. Всякая мѣрка подходящей величины, напр. обыкновенная футовая рулетка, можетъ быть взята за единицу сравненія. Высота церкви въ одномъ городѣ можетъ быть сопоставлена съ высотою церкви въ другомъ и неподвижные предметы, находящіеся въ разныхъ концахъ земли, могутъ быть измѣрены и сравнены другъ съ другомъ посредствомъ замѣняющихъ ихъ мѣръ. Очевидно, мы здѣсь употребляемъ аксіому, что все то, что вѣрно объ одной вещи относительно ея длины, вѣрно и о другой равной ей вещи.

Этотъ же принципъ замѣщенія примѣнимъ ко всякому другому простому явленію въ природѣ. Мы подобнымъ же образомъ можемъ сравнивать вѣса, плотности, степени твердости и всякія другія качества. Чтобы удостовѣриться, составляютъ-ли два звука унисонъ, намъ нѣтъ надобности сравнивать ихъ непосредственно, но мы можемъ взять для этого третій посредствующій звукъ. Если камертонъ составляетъ унисонъ съ среднимъ C іоркминстерскаго органа и если мы потомъ найдемъ, что онъ находится въ унисонѣ съ тою же нотою органа вестминстерскаго аббатства, то изъ этого будетъ слѣдовать, что оба органа настроены въ унисонъ. Правило умозаключенія здѣсь такое, что то, что вѣрно о камертонѣ относительно тона или высоты его звука, вѣрно и относительно всякаго другаго звука, находящагося въ унисонѣ съ нимъ.

Искусное употребленіе этого замѣстительнаго процесса даетъ намъ возможность производить измѣренія, выходящія за предѣлы нашихъ чувствъ. Никто не можетъ сосчитать вибрацій, напримѣръ, органной трубы. Но мы можемъ устроить инструментъ, называемой *сиреной*, такимъ образомъ, что производя звукъ извѣстной высоты, онъ самъ будетъ показывать число вибрацій, составляющихъ этотъ звукъ. Подводя звукъ сирены въ унисонъ съ органной трубой, мы измѣряемъ посредственно число вибрацій, соотвѣтствующее звуку этой высоты. Измѣрить другой звукъ одинаковой высоты, это все равно, что измѣрить самый данный звукъ.

Серъ Давидъ Брьюстеръ почти такимъ же образомъ успѣлъ опредѣлить показателей преломленія неправильныхъ кусковъ прозрачныхъ минераловъ. Было бы трудно, а иногда даже невозможно отшлифовать изъ минераловъ призмы для того, чтобы можно было прямо опредѣлять ихъ способность преломлять свѣтъ; но онъ придумалъ остроумный способъ составлять жидкость, имѣющую такую же способность преломленія, какъ и изслѣдуемый прозрачный кусокъ. Моментъ, когда достигается эта одинаковость, можетъ быть узнанъ по тому, что куски перестаютъ отражать или преломлять свѣтъ, когда они погружены въ составляемую жидкость, такъ что они становятся почти невидимыми въ ней. Если затѣмъ измѣрить преломляющую способность жидкости, то это будетъ также и преломляющая способность твердаго тѣла. Едва-ли можно найдти другой, болѣе изящный примѣръ представительнаго измѣренія, прямо основаннаго на принципѣ умозаключенія[1]).

Во всѣхъ различныхъ логическихъ процессахъ, которые мы будемъ разсматривать — въ дедукціи, индукціи, обобщеніи, аналогіи, классификаціи и количественномъ мышленіи—мы найдемъ этотъ же самый принципъ въ болѣе или менѣе замаскированной формѣ.

Дедукція и индукція.

Процессы умозаключенія всегда основываются на одномъ и томъ же принципѣ замѣщенія или подстановки; но тѣмъ не менѣе они могутъ быть различаемы сообразно тому, получаются ли результаты индуктивно или дедуктивно. Въ общихъ чертахъ дедукція (выведеніе) состоитъ въ переходѣ отъ болѣе общихъ истинъ къ менѣе общимъ; индукція же (наведеніе) есть противоположный процессъ отъ менѣе общихъ истинъ къ болѣе общимъ. Мы можемъ однако выразить различіе между ними и другимъ образомъ. Въ дедукціи мы имѣемъ дѣло съ развитіемъ выводовъ изъ закона. Мы узнаемъ смыслъ, содержаніе, результаты или слѣдствія, которыя принадлежатъ каждому данному положенію. Индукція же есть совершенно обратный процессъ. Здѣсь даются извѣстные результаты или послѣдствія и требуется открыть общій законъ, изъ котораго они вытекаютъ.

Въ извѣстномъ смыслѣ всякое знаніе индуктивно. Мы можемъ изучать законы и отношенія вещей въ природѣ только посредствомъ наблюденія этихъ вещей. Но знаніе, пріобрѣтаемое путемъ чувствъ, есть знаніе только частныхъ фактовъ и намъ нуженъ извѣстный процессъ умозаключенія, посредствомъ котораго мы можемъ вывести изъ фактовъ законы, которыми они управляются. Опытъ даетъ намъ матеріалы знанія; индукція перевариваетъ эти матеріалы и даетъ намъ общее знаніе. Когда мы овладѣли такимъ знаніемъ въ формѣ общихъ положеній и естественныхъ законовъ, то можемъ съ пользою употреблять обратный процессъ дедукціи, чтобы удостовѣриться въ точности свѣдѣній, требуемыхъ въ данный моментъ. Такимъ образомъ въ своемъ послѣднемъ основаніи всякое знаніе индуктивно, въ томъ смыслѣ, что оно посредствомъ извѣстнаго индуктивнаго мышленія выводится изъ фактовъ опыта.

---

[1]) Брьюстеръ, Treatise on New Philosophical Instruments, p. 273. Относительно этого метода см. также Уэвелль, Philosophy of the Inductive Sciences, v. II. p. 355; Томлинсонъ, Philosophical Magazine, 4 ser. v. XL p. 328; Тиндаль, въ Modern Culture, Юманса, p. 16.

Но тѣмъ не менѣе вѣрно и то,—и на этотъ пунктъ не было обращено достаточнаго вниманія—что всякое мышленіе основывается на принципахъ дедукціи. Я сомнѣваюсь въ существованіи какого нибудь метода умозаключенія, который могъ бы быть осуществленъ безъ знанія дедуктивнаго процесса. Я постараюсь доказать, что *индукція есть въ дѣйствительности обратный процессъ дедукціи.* Нѣтъ никакого способа удостовѣриться въ истинѣ законовъ, управляющихъ извѣстными явленіями, если только мы не имѣемъ возможности опредѣлить, какіе результаты могутъ вытекать изъ даннаго закона. Совершенно также, какъ процессъ дѣленія необходимо предполагаетъ предварительное знаніе умноженія, или какъ интегральное вычисленіе основывается на наблюденіи и знаніи результатовъ дифференціальнаго вычисленія, такъ и индукція требуетъ предварительнаго знанія дедукціи. Обратный процессъ есть передѣлываніе прямаго процесса. Кто вошелъ въ лабиринтъ, тотъ долженъ или положиться на случай, который можетъ вывести его обратно, или долженъ тщательно замѣчать дорогу, по которой онъ вошелъ. Факты, доставляемые намъ опытомъ, представляютъ лабиринтъ отдѣльныхъ результатовъ; мы можемъ случайно замѣтить въ нихъ выраженіе закона, но это едва-ли возможно, если только мы тщательно не изучимъ дѣйствій, которыя можно было бы отнести къ какому нибудь частному закону.

Поэтому дедуктивное умозаключеніе имѣетъ вдвойнѣ преобладающую важность. Даже если мы пріобрѣтемъ результаты индукціи, то они будутъ безполезны для насъ, если мы не можемъ сдѣлать изъ нихъ дедуктивнаго приложенія. Но еще прежде чѣмъ мы начнемъ пріобрѣтать ихъ, намъ необходимо понимать дедукцію, такъ какъ сама индукція есть превращенная дедукція. Поэтому наше первое дѣло въ этомъ сочиненіи состоитъ въ томъ, что мы должны вполнѣ прослѣдить природу тожества во всѣхъ формахъ, въ какихъ оно встрѣчается. Когда даны какіе нибудь ряды положеній, то мы должны быть готовы развить дедуктивно весь смыслъ, заключающійся въ нихъ, и всю сумму заключеній, которыя вытекаютъ изъ нихъ.

Символическое выраженіе логическаго умозаключенія.

При развитіи результатовъ принципа умозаключенія намъ нуженъ будетъ подходящій языкъ знаковъ. Конечно, было бы возможно объяснять процессы мышленія и при помощи обыкновенныхъ словъ. И кромѣ того частные примѣры умозаключенія, повидимому, могутъ быть поняты лучше и скорѣе, чѣмъ общія символическія формы. Но математическія науки показали, что достиженіе истины въ значительной степени зависитъ отъ изобрѣтенія ясной, краткой и подходящей системы символовъ. Этотъ языкъ не только имѣетъ условное значеніе, но онъ почти существенно необходимъ для выраженія тѣхъ общихъ истинъ, которыя составляютъ самую душу науки. Пониманіе истины спеціальныхъ случаевъ умозаключенія еще не составляетъ логики; мы должны понять ихъ какъ случаи болѣе общихъ истинъ. Предметъ всякой науки есть отдѣленіе постояннаго и общаго отъ того, что случайно и различно. Если гдѣ нибудь, то особенно въ системѣ логики, мы должны цѣнить эту общность и стремиться къ тому, чтобы ясно представить то, что подобно въ весьма различныхъ случаяхъ. Отсюда и вытекаетъ большое значеніе *общихъ символовъ*, которыми можно выражать форму умозаключительнаго процесса, независимо отъ всякихъ соображеній о спеціальномъ предметѣ, къ которому онъ прилагается.

Знаки, нужные въ логикѣ, весьма просты. Такъ какъ тожество или различіе должно существовать между двумя вещами или понятіями, то нужны знаки для того, чтобы обозначить сравниваемыя вещи или понятія и другіе знаки для обозначенія существующихъ между ними отношеній. Такимъ образомъ намъ нужны: 1) символы для терминовъ, 2) символъ для тожества, 3) символъ для различія и 4) одинъ или два символа для замѣщенія союзовъ.

Обыкновенныя имена существительныя, какъ напр. желѣзо, металлъ, электричество, вибрація могли бы служить терминами, но по причинамъ объясненнымъ выше гораздо лучше принять просто буквы, не имѣющія особеннаго значенія, какъ напр. A, B, C и проч. Каждую букву нужно понимать такъ, что она представляетъ существительное и, насколько допускаютъ условія доказательства, *всякое* существительное. Какъ въ алгебрѣ x, y, z, p, q и пр. употребляются для обозначенія *всякихъ количествъ*, неопредѣленныхъ или неизвѣстныхъ, исключая тѣхъ случаевъ, когда принимаются въ соображеніе спеціальныя условія задачи, такъ точно и наши буквы будутъ обозначать неопредѣленныя или неизвѣстныя вещи.

Эти буквы-термины будутъ употребляться безразлично какъ для именъ существительныхъ такъ и для прилагательныхъ. Между этими двумя родами именъ конечно можетъ существовать разница съ метафизической или грамматической точки зрѣнія. Но грамматическій обычай дозволяетъ превращеніе прилагательныхъ въ существительныя и наоборотъ; и мы можемъ воспользоваться этою вольностью, никакимъ образомъ не предрѣшая метафизическихъ трудностей, которыя могутъ возникнуть при этомъ. Здѣсь, какъ и вездѣ въ этомъ сочиненіи, я буду обращать вниманіе на истины, которыя можно представить яснымъ и формальнымъ образомъ, въ той увѣренности, что при настоящемъ состояніи логической науки этотъ путь приведенъ къ большей выгодѣ, чѣмъ разсужденія о метафизическихъ вопросахъ, которые могутъ вызываться всякою частью нашего предмета.

Каждое существительное или терминъ обозначаетъ предметъ и обыкновенно предполагаетъ существованіе въ этомъ предметѣ извѣстныхъ качествъ или обстоятельствъ, общихъ всѣмъ обозначаемымъ предметамъ. Есть однако извѣстные термины, выражающіе отсутствіе качествъ или обстоятельствъ свойственныхъ другимъ предметамъ. Было бы удобно употреблять особенный способъ обозначенія этихъ *отрицательныхъ терминовъ*, какъ они называются. Если общее названіе А обозначаетъ предметъ или классъ предметовъ, обладающихъ извѣстными опредѣленными качествами, тогда терминъ не—А будетъ обозначать всякій предметъ, не обладающій всею суммою этихъ качествъ; словомъ не—А есть знакъ для всего, что отличается отъ А относительно одного или нѣсколькихъ приписываемыхъ ему качествъ. Если А обозначаетъ «прозрачный предметъ», то не—А будетъ обозначать «непрозрачный предметъ». Краткость и удобство выраженія имѣютъ не малую важность въ системѣ обозначенія, и поэтому было бы желательно замѣнить не—А для отрицательнаго термина болѣе короткимъ символомъ. Де Морганъ выражалъ отрицательные термины строчными латинскими буквами или иногда строчными курсивными буквами [1]). И такъ какъ послѣднее кажется въ высшей степени удобнымъ, то я и буду употреблять курсивныя *a*, *b*, *c*... *p*, *q* и проч., какъ отрицательные термины, соотвѣтствующіе А, В, С... Р, Q и проч. Такимъ образомъ, напр., если А означаетъ «жидкій», то *a* будетъ значить «не жидкій».

Выраженіе тожества и различія.

Для обозначенія отношенія одинаковости или тожества я не задумываясь принимаю знакъ = такъ давно употребляемый математиками для обозначенія равенства. Этотъ символъ былъ первоначально употребленъ Робертомъ Рекордомъ въ его Whetston of Wit для избѣжанія скучнаго повторенія слова «равно тому-то» и онъ взялъ двѣ параллельныя линіи, потому что нѣтъ двухъ вещей, которыя были бы болѣе равны между собою [2]). Однако смыслъ этого знака постепенно расширялся дальше обозначенія равенства количествъ; математики сами употребляли его для указанія равнозначности дѣйствій. Сила аналогіи была такъ велика, что писатели въ большей части другихъ отраслей науки употребляли тотъ же знакъ. Филологъ употребляетъ его для показанія одинаковаго значенія словъ: химики приняли его для обозначенія тожества въ родѣ и равенства въ вѣсѣ элементовъ составляющихъ два сложныя соединенія.

---

[1]) Formal Logic p. 38.

[2]) Галламъ, Literature of Europe, 1 ed. v. II. p. 444.

Многіе логики, напр., Ламберъ, Дробишъ, Георгъ Бентамъ 1), Буль 2) употребляли его какъ связку въ предложеніяхъ. Де Морганъ отказался отъ употребленія его для этой цѣли, но еще дальше расширилъ его значеніе, такъ что оно обнимало у него и равнозначность положенія съ посылками, изъ которыхъ оно могло быть выведено 3); и Гербертъ Спенсеръ употреблялъ его въ такомъ же смыслѣ 4).

Многіе думаютъ, что выборъ символа есть дѣло не важное и чисто условное; но я увѣренъ, что общее употребленіе этого знака = въ столь различныхъ значеніяхъ дѣйствительно основано на обобщеніи самаго обширнаго характера и большой важности, объясненіе котораго составляетъ главную цѣль этого сочиненія. Употребленіе одного и того же знака въ различныхъ случаяхъ было бы нефилософично только тогда, если бы не было дѣйствительной аналогіи между его различными значеніями. Но если такая аналогія существуетъ, то не только дозволительно, но даже въ высшей степени желательно и даже обязательно употреблять символъ равнозначности съ общностью его значенія, соотвѣтствующею общности заключающихся въ немъ принциповъ. Поэтому отказъ Де Моргана употреблять символъ въ логическихъ положеніяхъ указываетъ на его мнѣніе, что нѣтъ аналогіи между логическими положеніями и математическими уравненіями. Я же употребляю знакъ, потому что держусь противоположнаго мнѣнія.

Я представляю, что знакъ =, какъ онъ обыкновенно употребляется, всегда обозначетъ какую нибудь форму или степень одинаковости и каждая частная форма обыкновенно указывается природою терминовъ, соединяемыхъ знакомъ. Такъ напр. «6,720 фунтовъ = 3 тонамъ» есть очевидно равенство количествъ. Формула же $- \times - = +$ выражаетъ равнозначность дѣйствій. «Экзогеновыя (внѣростныя) = двусѣменодольнымъ» есть логическое тожество, выражающее глубокую истину относительно характера и произрастанія важнѣйшей группы растеній.

Въ логикѣ намъ очень нуженъ былъ бы особый знакъ для связки, потому что маленькій глаголъ *есть* (или *суть*), употребляющійся обыкновенно какъ въ логикѣ, такъ и въ обыкновенной рѣчи, очень двусмысленъ. Иногда онъ

---

1) Outline of a New System of Logic, Лондонъ 1827, p. 133 et caet.

2) An Investigation of the Laws of Thought, p. 27 et caet.

3) Formal Logic, p. 82, 106. Въ его послѣднемъ сочиненіи The Syllabus of a New System of Logic онъ уже не употреблялъ этого знака.

4) Principles of Psychology, 2 ed, v. II. p. 54—55.

обозначаетъ тожество, напр. «церковъ св. Павла *есть* образцовое произведеніе сера Христофора Врена»; но чаще онъ показываетъ включеніе класса въ классъ или частное тожество, какъ напр. «епископы *суть* члены палаты лордовъ». Это послѣднее отношеніе также заключаетъ въ себѣ тожество, но нужно тщательно отличать его отъ простаго тожества, какъ будетъ показано дальше.

Если этимъ знакомъ равенства мы соединяемъ два существительныя или логическіе термина, какъ напр.

Водородъ = Наименѣе плотный элементъ,

то обозначаемъ этимъ, что предметъ или группа предметовъ, выражаемыхъ однимъ терминомъ, тожественна съ выражаемыми другимъ во всемъ исключая названія. Общая формула

$$A = B$$

можетъ быть принимаема въ томъ смыслѣ, что A и B суть символы для одного и того же предмета или группы предметовъ. Это тожество иногда можетъ происходить просто отъ приданія названія, но оно также можетъ вытекать изъ глубочайшихъ законовъ строенія природы, какъ напр. когда мы говоримъ

Тяготѣющая матерія = Матерія обладающая инерціей,

Экзогеновыя растенія = двусѣменодольныя растенія,

Плагіэдральные кристаллы кварца = кристаллы кварца, вращающіе плоскость поляризаціи свѣта.

Мы должны тщательно различать между отношеніями терминовъ, которыя мы можемъ видоизмѣнять по своему произволу, и тѣми отношеніями, которыя постоянны, какъ выраженія законовъ природы; но въ настоящее время мы разсматриваемъ только способъ выраженія, который можетъ быть одинаковъ въ обоихъ случаяхъ.

Иногда, но не столь часто, намъ потребуется символъ для обозначенія различія или отсутствія полнаго тожества. Для этой цѣли мы можемъ обобщить подобнымъ же образомъ символъ $\sim$, который былъ введенъ Уэллисомъ для обозначенія различія между количествами. Общая Формула

$$B \sim C$$

обозначаетъ, что B и C суть названія двухъ предметовъ или группъ, которыя не тожественны между собою. Такимъ образомъ мы можемъ сказать

Акрогеновыя (верхоплодныя) $\sim$ Цвѣтковыя растенія.

Сноудонъ $\sim$ Высочайшая гора въ Великобританіи.

При случаѣ я также буду употреблять знакъ $\backsim\!\!\backsim$ для обозначенія въ самой общей формѣ существованія какого бы то ни было отношенія между двумя терминами, соединенными этимъ знакомъ. Такъ $\backsim$ можетъ обозначать не только отношенія равенства или неравенства, тожества или различія, но всякаго частнаго отношенія времени, мѣста, величины, причинности и проч., въ которомъ одна вещь можетъ находиться къ другой. Подъ $A \backsim B$ я разумѣю, такимъ образомъ, всякіе предметы мысли, относящіеся другъ къ другу какимъ бы то ни было понятнымъ образомъ.

Общая формула логическаго умозаключенія.

Самое первое правило умозаключенія состоитъ, какъ я сказалъ, въ утвержденіи о какой нибудь вещи всего того, что извѣстно о другой вещи, подобной ей, равной или равнозначной. *Замѣщеніе* (подстановка) *подобныхъ* есть выраженіе, которое годится, кажется, для обозначенія способности взаимно замѣщаться, свойственной всякимъ двумъ предметамъ, которые подобны или равнозначны въ достаточной степени. Затѣмъ это уже дѣло дальнѣйшаго изслѣдованія опредѣлить, когда и для какой цѣли достаточна меньшая степень сходства, чѣмъ полное тожество, чтобы гарантировать замѣщеніе. Въ настоящую же минуту мы говоримъ только о точномъ тожествѣ, выраженномъ въ формѣ

$$A = B.$$

Теперь если мы возьмемъ букву C для обозначенія третьяго возможнаго предмета и употребимъ знакъ $\backsim$ въ указанномъ смыслѣ *неопредѣленнаго отношенія*, тогда общая формула всякаго умозаключенія можетъ быть представлена такъ:

Изъ $A = B \backsim C$

мы можемъ заключить $A \backsim C$

или, другими словами, въ какомъ отношеніи данная вещь находится ко второй вещи, въ такомъ же отношеніи она находится и къ той третьей вещи, которая подобна или равнозначна второй. Тожество между A и B дозволяетъ намъ ставить безразлично A тамъ, гдѣ стояло B, а B тамъ, гдѣ стояло A; и вообще нѣтъ границъ разнообразію частныхъ значеній, которыя мы можемъ придавать знакамъ, стоящимъ въ этой формулѣ, сообразно съ ея истиной. Такъ, если мы опредѣлимъ сначала частный смыслъ только знака $\backsim$, то можемъ сказать, что если C есть вѣсъ B, то C есть также вѣсъ A. Подобнымъ же образомъ

Если C есть отецъ B, то C есть отецъ A;
Если C есть часть B, то C есть часть A;
Если C есть качество B, то C есть качество A;

Если C есть видъ B, то C есть видъ A;
Если C равно B, то C равно A;

и т. д. до безконечности.

Такимъ же образомъ мы можемъ придать частное значеніе буквамъ-терминамъ A, B и C, и процессъ умозаключенія никогда не будетъ ложенъ. Такъ, пусть знакъ ꝏ означаетъ «есть высота» и пусть

A = Сноудонъ,
B = высочайшая гора въ Англіи и Уэльсѣ,
C = 3,590 футовъ.

Такъ какъ «3,590 футовъ есть высота Сноудона», а «Сноудонъ = высочайшая гора въ Англіи или Уэльсѣ», то изъ этого, очевидно, слѣдуетъ, что «3,590 футовъ есть высота высочайшей горы въ Англіи или Уэльсѣ».

Одинъ изъ результатовъ этого общаго умозаключенія состоитъ въ томъ, что мы можемъ во всякомъ аггрегатѣ или сложномъ цѣломъ замѣстить каждую часть чѣмъ нибудь равнозначнымъ ей, не измѣняя цѣлаго. Измѣнять значитъ дѣлать различіе; но если я, замѣщая одну часть, не дѣлаю различія, то значитъ не происходитъ измѣненія въ цѣломъ. Изъ этого же сразу вытекаютъ многія умозаключенія, которыя съ большой натяжкой подводились подъ логическія формулы. Я помню, какъ покойный Де Морганъ говорилъ, что вся Аристотелевская логика не въ состояніи была доказать, что «такъ какъ лошадь есть животное, то голова лошади есть голова животнаго». Я думаю, что для этого нужно только замѣстить въ полномъ понятіи *голова лошади* терминъ «*лошадь*» равнозначнымъ ему терминомъ *нѣкоторое животное* или *животное*. Подобнымъ же образомъ, такъ какъ

Лордъ-канцлеръ = Президентъ палаты лордовъ,

то изъ этого слѣдуетъ, что

Смерть лорда-канцлера = Смерть президента палаты лордовъ;

и вообще всякое событіе, обстоятельство или вещь, которыя находятся въ извѣстномъ отношеніи къ одному, будутъ находиться въ подобномъ же отношеніи къ другому. Мильтонъ разсуждалъ точно такимъ же образомъ, когда онъ говорилъ въ своей Areopagitica, что «кто убиваетъ человѣка, тотъ убиваетъ разумное созданіе, образъ Божій». Если мы предположимъ, что онъ разсуждалъ такъ

Образъ Божій = человѣкъ = нѣкоторое разумное созданіе,

то изъ этого слѣдовало, что «убійца человѣка есть убійца нѣкотораго разумнаго созданія», а также и «убійца образа Божія».

Это замѣщеніе однозначныхъ можно повторять много разъ до какого угодно предѣла. Такъ, если *лице* тожественно по значенію съ *индивидуумомъ*, то изъ этого слѣдуетъ, что

Митингъ лицъ = митингъ индивидуумовъ;

а если *собраніе = митингъ*, то мы можемъ сдѣлать новое замѣщеніе и показать, что

Митингъ лицъ = собраніе индивидуумовъ.

На основаніи этого принципа замѣщенія мы можемъ составить самую общую аксіому въ такихъ выраженіяхъ [1]):

Одинаковыя части, одинаково между собою относящіяся, даютъ одинаковыя цѣлыя.

Если, напр., совершенно подобные кирпичи и другіе матеріалы были употреблены на постройку двухъ домовъ и они были одинаково расположены въ каждомъ домѣ, то два дома были бы подобны. Есть милліоны клѣтокъ въ человѣческомъ тѣлѣ, и если бы каждой клѣткѣ одного лица соотвѣтствовала точно такая же и такимъ же образомъ расположенная клѣтка въ другомъ тѣлѣ, то эти два лица были бы не различимы или отличались бы только *нумерически* (численно). На этомъ принципѣ основываются, какъ мы увидимъ далѣе, всѣ точные процессы измѣренія. Если извѣстную тяжесть на чашкѣ вѣсовъ мы замѣстимъ другою тяжестью и равновѣсіе останется нисколько неизмѣненнымъ, то эти тяжести должны быть совершенно равны между собою. Всеобщая проба равенства есть замѣщеніе. Предметы одинаково блестящи, если по замѣщеніи одного другимъ глазъ не замѣчаетъ никакого различія. Предметы равны по размѣрамъ, если при пробѣ ихъ одною и тою же мѣрою, они вполнѣ подходятъ къ ней. Вообще говоря, два предмета бываютъ одинаковы тогда, когда замѣщеніе одного другимъ не производитъ никакого измѣненія и, наоборотъ, когда они одинаковы, то замѣщеніе не производитъ никакого измѣненія.

Способность подобія распространяться.

Отношеніе подобія во всѣхъ его степеняхъ взаимно. Если вещи подобны, то каждая изъ нихъ можетъ быть замѣщена другою; и это можно считать самою сущностью этого отношенія. Но нужно еще замѣтить, что въ подобіи есть особенная способность распространяться на всѣ вещи, которыя подобны. Чтобы сдѣлать извѣстное число вещей подобными между собою, намъ стоитъ только сдѣлать ихъ подобными одному образцовому предмету. Каждая монета, вычеканенная парою штемпелей, не только сходна съ матрицей или оригинальнымъ рисункомъ, по которому выбиты штемпеля, но еще сходна со всякою другою монетою, вычеканенною по тому же образцу. Въ милліонѣ такихъ монетъ есть не менѣе 499,999,500,000 *паръ монетъ* сходныхъ между собою. Всѣ же вещи, сходныя съ одною и тою же вещью, сходны между собою. Большое преимущество печатанія состоитъ въ томъ, что всѣ оттиски съ одного и того же набора необходимо тожественны между собою, и что вѣрно объ одномъ оттискѣ, то вѣрно обо всѣхъ. Если 50 рядовъ органныхъ трубокъ настроены въ совершенный унисонъ съ однимъ рядомъ, обыкновенно главнымъ, то они должны быть въ унисонѣ съ каждымъ другимъ рядомъ. Такимъ образомъ подобіе можетъ распространяться до безконечности, потому что если бы извѣстное число камертоновъ было приведено въ унисонъ съ однимъ образцовымъ камертономъ, то всѣ инструменты, настроенные по одному камертону, были бы согласны со всякимъ инструментомъ, настроеннымъ по всякому другому камертону. Образцовыя мѣры длины, емкости, вѣса или всякаго другого измѣримаго качества распространяются точно такимъ же образомъ. Если только копіи съ оригинальныхъ образцовъ или копіи съ копій и дальнѣйшія копіи съ этихъ копій сдѣланы тщательно, то онѣ всѣ и каждая должны быть согласны со всякою другою.

---

[1]) Pure Logic, or the Logic of Quality, p. 14.

Способность взаимнаго замѣщенія придаетъ большую цѣну новѣйшимъ способамъ механическаго производства, по которому всѣ части машины составляютъ точные снимки опредѣленнаго образца. Ружья, употребляемые въ британской арміи, устроены по американской обмѣнной системѣ, такъ что каждая часть всякаго ружья можетъ быть замѣнена соотвѣтствующею частью другого. Пуля, годная для одного ружья, будетъ годиться и для всѣхъ такого же калибра. Серъ Д. Уитвортъ распространилъ ту же систему на винты и винтовые болты, употребляемые для соединенія частей машинъ, установивши рядъ образцовыхъ винтовъ.

Прежнія открытія принципа замѣщенія.

Въ такомъ предметѣ, какъ логика, едва ли возможно высказать какія нибудь мнѣнія, которыя не были бы высказываемы прежде въ той или другой формѣ. По крайней мѣрѣ зародышъ всякаго ученія можно найти у прежнихъ писателей, и новость можетъ состоять главнымъ образомъ только въ способѣ гармонированія и развитія идей. Когда я въ первый разъ употребилъ въ лотикѣ [1]) процессъ и названіе *замѣщенія*, то былъ приведенъ къ этому аналогіей съ обыкновеннымъ въ математикѣ процессомъ подстановки или замѣщеніемъ символа соотвѣтствующею ему величиною, данною въ уравненіи. При составленіи моей первой логической статьи я отлично понималъ важность и общность этого процесса и я описалъ, придавая имъ такую же важность, еще нѣсколько другихъ законовъ, которые теперь кажутся мнѣ только частными случаями одного общаго правила замѣщенія.

Моя вторая статья «Замѣщеніе подобныхъ» была написана вскорѣ послѣ того, какъ мнѣ стало яснымъ большое упрощеніе, котораго можно достигнуть посредствомъ надлежащаго примѣненія принципа замѣщенія. Мнѣ въ то время еще не былъ извѣстенъ тотъ фактъ, что нѣмецкій логикъ Бенеке тоже пользовался принципомъ замѣщенія и употреблялъ это самое названіе при составленіи теоріи силлогизма. Мое малое знакомство съ нѣмецкимъ языкомъ помѣшало мнѣ пріобрѣсти полное понятіе о взглядахъ Бенеке; но несомнѣнно, что Линдсей правъ, говоря, что онъ и вѣроятно еще другіе логики уже имѣли нѣкоторое понятіе объ этомъ принципѣ [2]). Даже Аристотелевское dictum (основная аксіома для силлогизма) можно считать не совершеннымъ формулированіемъ принципа замѣщенія; и, какъ я показалъ, намъ стоитъ только измѣнить это dictum согласно съ количественнымъ опредѣленіемъ предиката, чтобы получить настоящій процессъ замѣщенія [3]). Логики Поръ-Ройяля, кажется, имѣли почти такіе же взгляды, такъ какъ они признавали, что всѣ формы силлогизма могутъ быть сведены къ одному общему принципу [4]). Изъ двухъ посылокъ одну они считали *предложеніемъ содержащимъ* (propositio continens), а другую *предложенівмъ примѣнительнымъ*. Послѣднее предложеніе должно быть всегда утвердительнымъ и представляетъ то, посредствомъ чего дѣлается замѣщеніе; первое же можетъ быть и не быть отрицательнымъ и есть то, въ чемъ дѣлается замѣщеніе. Они также показали, что этотъ методъ обнимаетъ собою извѣстные случаи сложнаго умозаключенія, которые не находятъ мѣста въ Аристотелевскомъ силлогизмѣ. Ихъ взгляды представляютъ самое большое усовершенствованіе логической доктрины, какое было сдѣлано до того времени послѣ Аристотеля. Но настоящая реформа въ логикѣ должна состоять не въ объясненіи силлогизма тѣмъ или другимъ путемъ, но въ освобожденіи отъ узкихъ ограниченій Аристотелевской системы и въ разъясненіи того, что существуетъ безконечное разнообразіе логическихъ аргументовъ, непосредственно вытекающихъ изъ принципа замѣщенія, относительно котораго старый силлогизмъ составляетъ только малую и даже не самую важную часть.

---

[1] Pure Logic, p. 18—19.

[2] Ибервегъ, *Система логики*, англ. пер. Линдсея, p. 442—446, 571, 572. Болѣе раннія открытія принципа замѣщенія находятся въ сочиненіяхъ Лейбница, Рейша и другихъ нѣмецкихъ логиковъ, что указано въ предисловіи къ этому второму изданію.

[3] Substitution of Similars, 1869, p. 9.

[4] Port-Royal Logic, пер. Спенсеръ Бейнесъ, p. 212—219, p. III. ch. X. XI.

Логика отношеній.

Есть трудная и важная отрасль логики, которая можетъ быть названа логикою отношеній. Если я, напримѣръ, утверждаю, что такъ какъ Даніилъ Бернулли былъ сынъ Ивана, а Иванъ братъ Якова, то значитъ Даніилъ былъ племянникъ Якова,—то этого заключенія нельзя доказать никакимъ простымъ логическимъ процессомъ. Во всякомъ случаѣ намъ нужно было бы еще положеніе, что сынъ брата есть племянникъ. Простое логическое отношеніе есть то, которое существуетъ между свойствами и обстоятельствами одного и того же предмета или класса. Но предметы и классы предметовъ могутъ относиться между собою по всѣмъ свойствамъ времени и пространства. По моему мнѣнію, можно было бы доказать, что тамъ, гдѣ выводится заключеніе о такихъ отношеніяхъ, на дѣлѣ употребляется процессъ замѣщенія и должно существовать тожество; но я не имѣю намѣренія доказывать этого положенія въ настоящемъ сочиненіи. Отношенія времени и пространства суть логическія отношенія сложнаго характера, требующія многихъ отвлеченныхъ и трудныхъ изслѣдованій. Предметъ этотъ былъ разработанъ Пирсомъ ¹), де Морганомъ ²), Эллисомъ ³) и Гарлеемъ съ такимъ большимъ искусствомъ, что я не намѣренъ въ настоящемъ сочиненіи дѣлать какой нибудь обзоръ ихъ работъ, но только отошлю читателя къ изданіямъ, въ которыхъ они находятся.

---

¹) Description of a Notation for the Logic of Relatives, resulting from an Amplification of the Conceptions of Boole's Calculus of Logic. By Peirce. Memoirs of the American Academy, v. IX. Cambridge U. S. 1870.

²) On the Syllogism № IV, and on the Logic of Relations. By A. De Morgan. Transactions of the Cambridge Philosophical Society v. X., p. II. 1860.

³) Observations on Boole's Laws of Thought. By R. Leslie Ellis; communicated by R. Harley. Report of the British Association, 1870. Report of Sections, p. 12. Также On Boole's Laws of Thought. By R. Harley, ibid. p. 14.

ГЛАВА II.

ТЕРМИНЫ.

Каждое предложенiе выражаетъ сходство или различiе между вещами, обозначаемыми его терминами. Какъ умозаключенiе трактуетъ объ отношенiи между двумя или болѣе предложенiями, такъ и предложенiе выражаетъ отношенiе между двумя или болѣе терминами. Въ отдѣлѣ этого сочиненiя посвященномъ дедукцiи будетъ удобно слѣдовать обыкновенному порядку изложенiя. Мы хотимъ разсмотрѣть послѣдовательно разные роды терминовъ, предложенiй и доказательствъ, и въ этой главѣ начнемъ съ терминовъ.

Самое простое и осязательное значенiе, которое можетъ принадлежать термину, состоитъ въ какомъ нибудь отдѣльномъ матерiальномъ предметѣ, каковы вестминстерское аббатство, курганные камни, солнце, сирiусъ и проч. Вѣроятно, что въ раннихъ стадiяхъ развитiя ума только конкретныя и осязательныя вещи могли быть предметами мысли. Самый маленькiй ребенокъ знаетъ различiе между горячимъ и холоднымъ тѣломъ. Собака можетъ узнать своего хозяина изъ сотни другихъ лицъ и животныя съ самыми низкими способностями пониманiя знаютъ и различаютъ мѣста, гдѣ они живутъ. Во всѣхъ такихъ актахъ есть сужденiе о сходствѣ физическихъ предметовъ, но здѣсь мало или вовсе нѣтъ способности анализировать каждый предметъ и смотрѣть на него, какъ на группу качествъ.

Достоинство ума начинается со способности отдѣлять пункты сходства отъ пунктовъ различiя. Сравненiе двухъ предметовъ можетъ привести насъ къ открытiю, что они въ одно и то же время и сходны и не сходны. Два куска какой нибудь горной породы могутъ быть совершенно различны по внѣшней формѣ, и однако же могутъ имѣть одинаковый цвѣтъ, одинаковую твердость и сложенiе. Цвѣтки сходные по цвѣту могутъ быть различны по запаху.

Умъ учитъ смотрѣть на каждый предметъ, какъ на аггрегатъ качествъ, и пріобрѣтаетъ способность по произволу останавливаться на томъ или другомъ изъ этихъ качествъ и исключать остальныя. Словомъ, начинаетъ дѣйствовать логическое отвлеченіе и умъ становится способнымъ мыслить не просто о предметахъ, которые физически полны и конкретны, но и о вещахъ, которыя могутъ быть мыслимы въ умѣ отдѣльно, хотя они въ природѣ существуютъ не отдѣльно. Мы можемъ мыслить о твердости горной породы или о цвѣтѣ цвѣтка и такимъ образомъ составлять отвлеченныя понятія, обозначаемыя отвлеченными терминами, которые могутъ служить предметомъ для дальнѣйшихъ разсужденій.

Въ то же время возникаютъ общія понятія и классы предметовъ. Мы не можемъ не замѣтить, что качество *твердости* существуетъ во многихъ предметахъ, наприм. во многихъ кускахъ горной породы; мы умственно соединяемъ ихъ вмѣстѣ и составляемъ классъ, *твердый предметъ*, который содержитъ въ себѣ не только дѣйствительные предметы изслѣдованные, но и всѣ другіе, которые могутъ оказаться сходными съ ними, подобно тому какъ они сходны другъ съ другомъ. Но такъ какъ наши чувства не могутъ передать намъ всего того, что содержится въ пространствѣ, то мы обыкновенно не можемъ положить никакихъ границъ числу предметовъ, которые могутъ подходить подъ какой нибудь подобный классъ. Въ этомъ пунктѣ обнаруживается для насъ способность и общность мысли, которая даетъ намъ возможность обнимать въ одномъ актѣ неопредѣленно и даже безконечно большое число предметовъ. Мы можемъ съ увѣренностью утверждать, что то, что вѣрно объ одномъ какомъ нибудь предметѣ, заключающемся въ классѣ, вѣрно также и о всѣхъ другихъ предметахъ, поскольку они обладаютъ общими качествами, по которымъ они относятся къ этому классу. Мы можемъ помѣщать вещь въ классъ не иначе, какъ рѣшившись думать объ ней все то, что мы думаемъ о классѣ вообще; но нужны еще предварительно важныя соображенія для того, чтобы рѣшить, до какой степени и какимъ образомъ мы можемъ съ увѣренностью взяться за то, чтобы указать предметамъ мѣсто въ той общей системѣ классификаціи, которая составляетъ содержаніе науки.

Двоякое значеніе общихъ названій.

Этимологически значеніе названія есть то, о чемъ мы начинаемъ мыслить, когда встрѣтимся съ словомъ. Но каждое общее названіе заставляетъ насъ мыслить о нѣсколькихъ предметахъ, относящихся къ классу; оно можетъ также заставить насъ думать объ общихъ качествахъ, принадлежащихъ этимъ предметамъ. О названіи говорятъ, что оно *обозначаетъ* предметъ мысли, къ которому оно прилагается; но въ то же время оно указываетъ на присутствіе извѣстныхъ качествъ или обстоятельствъ. Обозначаемые предметы составляютъ *объемъ* значенія термина; а качества содержащіяся въ имени составляютъ *содержаніе* его значенія. Кристаллъ есть имя всякаго вещества, частицы котораго расположены геометрически правильнымъ образомъ. Вещества или предметы относящіеся сюда составляютъ объемъ значенія; свойство же имѣть частицы расположенныя такимъ образомъ составляетъ содержаніе значенія.

Когда мы сравниваемъ общіе термины, то часто можетъ оказаться, что значеніе одного заключается въ значеніи другаго. Такъ всѣ *кристаллы* заключаются въ понятіи *матеріальныхъ веществъ*, а всѣ *непрозрачные кристаллы* заключаются между кристаллами; здѣсь мы имѣемъ включеніе относительно объема. Но мы можемъ также имѣть включеніе и относительно содержанія. Потому что, такъ какъ всѣ кристаллы суть матеріальныя вещества, то качества заключающіяся въ терминѣ матеріальное вещество должны находиться въ числѣ качествъ, заключающихся въ кристаллѣ. Далѣе очевидно, что какъ въ объемѣ значенія непрозрачныхъ кристалловъ заключается только часть кристалловъ, такъ и въ содержаніи значенія кристаллъ непрозрачный кристаллъ есть только часть. Мы увеличиваемъ содержаніе значенія термина, прибавляя къ нему прилагательныя или фразы равнозначныя прилагательнымъ, а отнятіе такихъ прилагательныхъ естественно уменьшаетъ содержаніе значенія. Относительно такихъ измѣненій значенія имѣетъ силу слѣдующій общій и важный законъ: когда увеличивается содержаніе значенія термина, тогда уменьшается его объемъ, и наоборотъ, когда увеличивается объемъ его, тогда уменьшается содержаніе. Словомъ, когда одно увеличивается, тогда другое уменьшается.

Этотъ законъ относится только до логическихъ измѣненій. Число паровыхъ машинъ въ мірѣ можетъ подвергнуться быстрому уменьшенію, но содержаніе значенія этого названія останется неизмѣннымъ. Далѣе законъ оказывается вѣрнымъ только тогда, когда бываетъ дѣйствительное измѣненіе въ содержаніи значенія, такъ какъ прилагательное можетъ присоединяться къ существительному, не производя никакого измѣненія. *Простой* (элементарный) *металлъ* тожественъ съ металломъ, а *смертный человѣкъ* съ *человѣкомъ*, такъ какъ *свойство* всѣхъ металловъ быть простыми, а всѣхъ людей быть смертными.

Нѣтъ границъ количеству значенія, которое можетъ содержаться въ терминѣ. Терминъ можетъ обозначать одинъ предметъ, или много, или безконечное число; онъ можетъ заключать въ себѣ только одно качество, если бываетъ такое, или группу какого угодно числа качествъ; но всегда оказывается неизмѣнно вѣрнымъ законъ, связывающій объемъ съ содержаніемъ. Взявши общее имя *планета*, мы увеличиваемъ его содержаніе и уменьшаемъ его объемъ посредствомъ прибавки прилагательнаго *внѣшняя*; а если мы еще далѣе прибавимъ *ближайшая къ землѣ*, то останется только одна планета, Марсъ, къ которой можетъ быть приложено это названіе. Единичные термины, которые обозначаютъ единственно только одно недѣлимое, подлежатъ тому же закону значенія, какъ и общія названія. На нихъ можно смотрѣть какъ на общія названія, значеніе которыхъ въ объемѣ доведено до минимума. Логики, какъ мнѣ кажется, ошибочно утверждали, что единичные термины не имѣютъ значенія въ содержаніи, такъ какъ на дѣлѣ они превосходятъ всѣ другіе термины этого рода значеніемъ, какъ я это старался показать въ другомъ мѣстѣ [1].

Отвлеченные термины.

Сравненіе предметовъ и анализъ сложныхъ сходствъ и различій, которыя они представляютъ, приводятъ насъ къ понятію *общихъ качествъ*. Мы научаемся мыслить объ одномъ предметѣ не только какъ объ отличномъ отъ другихъ, но и какъ объ отличномъ въ какомъ нибудь частномъ пунктѣ, напр. по цвѣту, вѣсу или величинѣ. Затѣмъ мы можемъ обратить пункты сходства или различія въ особые предметы мысли, которые мы называемъ качествами и обозначаемъ *отвлеченными терминами*. Такимъ образомъ терминъ *краснота* значитъ нѣчто такое, въ чемъ сходны нѣсколько предметовъ по ихъ цвѣту и въ силу чего они называются красными. Краснота въ сущности составляетъ значеніе содержанія термина красный.

Отвлеченные термины строго отличаются отъ общихъ терминовъ тѣмъ, что они имѣютъ только одинъ родъ значенія; потому что, такъ какъ они обозначаютъ качества, то нѣтъ ничего, что они могли бы еще содержать въ себѣ. Прилагательное «красный» есть названіе красныхъ предметовъ, но оно еще указываетъ на присутствіе въ нихъ качества *красноты*; этотъ же послѣдній терминъ имѣетъ только одно значеніе—качества. Отъ этого происходитъ то, что отвлеченные термины не имѣютъ множественнаго числа. Красные предметы численно отличаются другъ отъ друга, и есть множество такихъ предметовъ; но краснота есть единственное качество, которое проходитъ черезъ всѣ эти предметы, и оно одинаково какъ въ одномъ, такъ и въ другихъ. Правда, говорятъ иногда (по англійски) *краснóты*, разумѣя различные роды или оттѣнки красноты, подобно тому, какъ мы говоримъ *цвѣта*, разумѣя различные роды цвѣта. Но различая роды, степени или другія разности, мы тѣмъ самымъ дѣлаемъ термины конкретными. Если предметы просто красны, то во всѣхъ красныхъ предметахъ есть только одно свойство, одна природа, и если вещи разсматриваются просто какъ цвѣтныя, то цвѣтъ есть диничное недѣлимое качество. Краснота, поскольку она есть просто краснота, одна и таже вездѣ и обладаетъ безусловною единственностью. Въ силу этого единства мы пріобрѣтаемъ возможность трактовать всѣ примѣры такого качества, какъ мы трактуемъ какой нибудь одинъ изъ нихъ. Словомъ, мы обладаемъ общимъ знаніемъ.

---

[1] Джевонсъ, Elementary Lessons in Logic, p. 41—43; Pure Logic, p. 6. См. также Д. С. Милль, System of Logic, B. I. c. II. sec. 5, и Шеддена, Elements of Logic, London 1864, p. 14 et caet. Робертсонъ утверждаетъ (Mind, v. I. p. 210), будто я смѣшиваю *единичныя* и *собственныя* имена. Если это такъ, то это случилось потому, что я думаю, что то же самое замѣчаніе примѣняется и къ собственнымъ именамъ, которыя, какъ мнѣ кажется, не отличаются логически отъ единичныхъ названій.

Вещественные термины.

Логики, повидимому, мало обращаютъ вниманія на одинъ классъ терминовъ, которые въ извѣстномъ отношеніи имѣютъ характеръ отвлеченныхъ терминовъ и однакоже представляютъ несомнѣнно названія конкретно существующихъ вещей. Эти термины суть названія веществъ, каковы золото, углекислая известь, азотъ и проч. Мы не можемъ говорить о двухъ золотахъ, о двадцати углекислыхъ известяхъ, о сотнѣ азотовъ. Между частями однороднаго вещества нѣтъ такого различія, чтобы можно было отличать многихъ недѣлимыхъ. Качества цвѣта, блеска, ковкости, плотности и проч., по которымъ мы узнаемъ золото, проходятъ черезъ все вещество, независимо отъ частной величины или формы. Поскольку вещество есть золото, оно одно и тоже вездѣ; такъ что термины этого рода, которые я предлагаю назвать *вещественными* (substantial) *терминами* [1]), обладаютъ характеристическою единичностью отвлеченныхъ терминовъ. И однакоже они не отвлеченны; потому что золото есть несомнѣнно видимый осязательный предметъ, совершенно конкретный и существующій независимо отъ другихъ тѣлъ [2]).

---

[1]) Въ русской, нѣмецкой и др. грамматикахъ они искони такъ называются.
Перев.

[2]) Это не совсѣмъ вѣрно. Золота, какъ золота, также нѣтъ въ природѣ, какъ нѣтъ красноты или черноты. Въ дѣйствительности есть только золотыя жилы, или

Только тогда, когда посредствомъ дѣйствительнаго механическаго дѣленія мы разъединяемъ однородное цѣлое, которое составляетъ значеніе вещественнаго термина, мы вводимъ число. *Кусокъ золота* есть терминъ способный къ множественности; потому что можетъ быть очень много кусковъ золота, отличающихся или различною формою и величиною или же, за отсутствіемъ такихъ отличій, одновременнымъ занимaніемъ различныхъ частей пространства. По веществу они составляютъ одно; а относительно свойствъ пространства ихъ много [1]. Намъ нѣтъ надобности дальше разбирать этотъ вопросъ, предполагающій собою различіе между единствомъ и множественностью, пока мы не разсмотримъ принциповъ числа въ одной изъ слѣдующихъ главъ.

Собирательные термины.

Мы должны ясно отличать *собирательное* отъ *общаго* значенія терминовъ. Одно и тоже имя можетъ быть употреблено для обозначенія или всей совокупности существующихъ предметовъ извѣстнаго рода, или одного какого нибудь изъ этихъ предметовъ, взятаго отдѣльно. «Человѣкъ» можетъ обозначать аггрегатъ существующихъ людей, который мы иногда обозначаемъ словомъ *человѣческій родъ;* но «человѣкъ» есть также и общее имя прилагаемое къ каждому человѣку. Растительное царство есть названіе всего аггрегата *растеній*, но «растеніе» есть само общее названіе прилагаемое къ тому или другому растенію. Каждый матеріальный предметъ можетъ быть представленъ дѣлимымъ на части, и такимъ образомъ онъ собирателенъ относительно этихъ частей. Животное тѣло состоитъ изъ клѣтокъ и волоконъ, кристаллъ изъ частицъ; вообще вездѣ, гдѣ только возможно физическое дѣленіе, тамъ въ дѣйствительности мы имѣемъ дѣло съ собирательнымъ цѣлымъ. Такимъ образомъ многіе общіе термины въ тоже самое время и собирательны относительно каждаго индивидуума, входящаго въ составъ того цѣлаго, которое они обозначаютъ.

Едвали нужно указывать здѣсь, что мы не можемъ заключать о собира-

---

самородки, куски, кристаллы, слитки, монеты, вещи, издѣлія и пр.; а золота теоретическаго, безъ опредѣленнаго вида и формы, нѣтъ, какъ нѣтъ ни одного такого вещества. *Перев.*

[1] Робертсонъ неодобрялъ моего нововведенія «вещественныхъ терминовъ» (Mind., v. I p. 210) и возражалъ, можетъ быть и справедливо, что мое отличеніе ихъ, если и основательно, то не относится къ логикѣ. Но я расположенъ думать, что и все ученіе о терминахъ, строго говоря, большею частью не относится къ логикѣ.

тельномъ цѣломъ того, что мы знаемъ только о частяхъ, и о частяхъ не можемъ заключать того, что мы знаемъ только о цѣломъ. Отношеніе между цѣлымъ и частью не есть отношеніе тожества и не дозволяетъ замѣщенія. Тѣмъ не менѣе могутъ быть качества, которыя одинаково вѣрны какъ о цѣломъ, такъ и объ его частяхъ. Извѣстное число органныхъ трубокъ, настроенныхъ въ унисонъ даетъ аггрегатъ звуковъ, который имѣетъ такую же высоту, какъ и каждый отдѣльный звукъ. Въ вещественныхъ терминахъ извѣстныя качества могутъ находиться одинаково какъ въ каждой малѣйшей частичкѣ, такъ и въ цѣломъ. Химическая природа огромныхъ массъ чистой углекислой извести есть таже самая, что и природа малѣйшихъ частичекъ. Кромѣ того и въ отвлеченныхъ терминахъ мы не можемъ провести различія между цѣлымъ и частью; что вѣрно о краснотѣ въ какомъ нибудь частномъ случаѣ, то вѣрно и вообще о краснотѣ, поскольку она есть просто только красна.

Синтезъ терминовъ.

Мы постоянно комбинируемъ простые термины, такъ что образуются новые термины съ болѣе сложнымъ значеніемъ. Такъ, чтобы увеличить содержаніе значенія термина, мы пишемъ его съ прилагательнымъ или съ фразой прилагательнаго характера. Присоединяя «хрупкій» къ «металлу», мы получаемъ комбинированный терминъ—«хрупкій металлъ», который обозначаетъ извѣстную часть металловъ, именно такихъ, которые взяты вслѣдствіе того, что обладаютъ качествомъ *хрупкости*. Какъ мы уже видѣли, «хрупкій металлъ» имѣетъ меньшій объемъ и большее содержаніе, чѣмъ просто металлъ. Существительныя, предложныя фразы, причастія и придаточныя предложенія могутъ также придаваться къ терминамъ для того, чтобы увеличивать ихъ содержаніе и уменьшать ихъ объемъ.

Для нашего символическаго языка намъ нуженъ какой нибудь способъ обозначенія этого соединенія терминовъ, и самымъ удобнымъ средствомъ для этого было бы ставить рядомъ буквы-термины. Такъ, если A означаетъ хрупкій, а B металлъ, то AB будетъ значить хрупкій металлъ. Здѣсь не можетъ быть границы числу буквъ соединенныхъ такимъ образомъ, или сложности понятій, которыя онѣ могутъ выражать.

Такъ, если мы возьмемъ буквы

P=металлъ,
Q=бѣлый,
R=одноатомный,
S=удѣльный вѣсъ 10,5,

T=плавящійся около 1000° Ц.,

U=хорошій проводникъ теплоты и электричества,

то мы можемъ составить комбинированный терминъ PQRSTU, который означаетъ «бѣлый одноатомный металлъ съ удѣльнымъ вѣсомъ 10,5, плавящійся около 1000° Ц., и хорошій проводникъ теплоты и электричества».

Есть много принятыхъ въ грамматикѣ правилъ относительно соединенія словъ и фразъ, но намъ нѣтъ надобности заниматься ими въ логикѣ. Мы никогда не можемъ сказать въ обыкновенномъ языкѣ «изъ дерева столъ», разумѣя «столъ изъ дерева»; но мы можемъ считать «изъ дерева» логически вполнѣ точнымъ эквивалентомъ «деревянный», такъ что если

X=изъ дерева

Y=столъ,

то нѣтъ никакого основанія, почему бы въ нашихъ символахъ XY было менѣе правильнымъ выраженіемъ для «стола изъ дерева», чѣмъ YX. Конечно, въ этомъ случаѣ мы могли бы замѣнить «изъ дерева» соотвѣтствующимъ прилагательнымъ «деревянный», но часто намъ нельзя было бы найти прилагательнаго, точно соотвѣтствующаго предложной фразѣ. Такъ, нѣтъ одного слова, которымъ можно было бы выразить понятіе «удѣльный вѣсъ 10,5»; но логически мы можемъ считать эти слова составляющими одно прилагательное и, обозначая его S, а металлъ P, мы можемъ сказать, что SP означаетъ «металлъ съ удѣльнымъ вѣсомъ 10,5». Одно изъ многихъ преимуществъ этихъ простыхъ буквъ-символовъ состоитъ въ томъ, что они даютъ намъ возможность вполнѣ пренебрегать всѣми грамматическими особенностями и обращать наше вниманіе исключительно на чисто логическія отношенія. Изслѣдованіе, вѣроятно, покажетъ, что грамматическія правила главнымъ образомъ основаны на традиціональномъ употребленіи и имѣютъ мало логическаго значенія. И дѣйствительно, это достаточно доказывается обширными грамматическими различіями, существующими между языками, хотя логическое основаніе языковъ должно быть одинаково.

Символическое выраженіе закона противорѣчія.

Синтезъ терминовъ подчиненъ важнѣйшему закону мышленія, описанному выше (стр. 5) и называемому закономъ противорѣчія. Само собою очевидно, что ни одно качество не можетъ присутствовать и отсутствовать въ одно и то же время и въ одномъ и томъ же мѣстѣ. Это основное условіе всякой мысли, всякаго существованія символически выражается правиломъ, что никогда нельзя допускать, чтобы терминъ и его отрицаніе входили въ комбинацію. Такіе комбинированные термины, какъ Aa, Bb, Cc, и пр., заключаютъ въ себѣ противорѣчіе и лишены всякаго понятнаго смысла. Если они могутъ представлять что нибудь, то только то, что они не могутъ существовать и даже не могутъ быть представлены въ умѣ. Такимъ образомъ они входятъ въ наши соображенія только для того, чтобы быть немедленно исключенными. Критеріемъ ложности заключенія, какъ мы увидимъ, служитъ то, что оно заключаетъ въ себѣ противорѣчіе, утвержденіе и отрицаніе одного и того же положенія. Мы можемъ представить себѣ предметъ всякаго мышленія, какъ отдѣленіе сообразнаго и возможнаго отъ несообразнаго и невозможнаго; и мы не можемъ высказать ни одного положенія, кромѣ развѣ самой очевидной истины, безъ того, чтобы нѣкоторыя комбинаціи терминовъ не были противорѣчащими и не были исключены изъ мысли. Утверждать, что «всѣ A суть B» все равно, что утверждать, что «A, которыя не B, не существуютъ».

Было бы удобно имѣть способъ для обозначенія исключенія того, что противорѣчитъ себѣ, и мы можемъ употреблять для этого обыкновенный для *ничего* знакъ 0. Такимъ образомъ второй законъ мышленія можетъ быть символизированъ въ такихъ формахъ:

$$Aa=0 \quad ABb=0 \quad ABCa=0.$$

Мы можемъ различнымъ образомъ выражать значеніе 0 въ логикѣ, какъ *несуществующее*, *невозможное*, *несообразное съ собою*, *немыслимое*. Между этимъ значеніемъ и его математическимъ выраженіемъ существуетъ тѣсная аналогія.

Нѣкоторыя особенныя условія логическихъ символовъ.

Для того чтобы мы могли правильно доказывать и умозаключать, намъ нужно обращаться съ нашими символами согласно съ основными законами тожества и различія. Но употребляя такимъ образомъ наши символы, мы часто будемъ встрѣчаться съ комбинаціями, значеніе которыхъ не ясно съ перваго раза. Если мы въ одномъ случаѣ узнаемъ, что предметъ есть желтый и круглый, а въ другомъ, что онъ есть «круглый и желтый», то возникаетъ вопросъ, тожественны ли по значенію эти выраженія или нѣтъ. Далѣе, если мы доказали, что предметъ былъ «круглый круглый», то смыслъ такого выраженія тоже подлежитъ сомнѣнію. Поэтому прежде чѣмъ идти дальше, мы должны составить себѣ понятіе о нѣкоторыхъ особенныхъ законахъ, которые управляютъ комбинаціями логическихъ терминовъ.

Прежде всего комбинація логическаго термина самого съ собою ничего не значитъ, совершенно такъ же, какъ повтореніе положенія не измѣняетъ значенія положенія; «круглый круглый предметъ» значитъ просто «круглый предметъ». Желтый желтый значитъ просто желтый; металлическіе металлы не могутъ отличаться отъ металловъ, или круглые круги отъ круговъ. Въ нашемъ символическомъ языкѣ мы можемъ подобнымъ же образомъ утверждать, что АА тожественно съ А, или

$$A = AA = AAA = \text{ и проч.}$$

Покойный профессоръ Буль былъ единственнымъ логикомъ въ новое время, обратившимъ вниманіе на это замѣчательное свойство логическихъ терминовъ [1]); но вмѣсто названія, которое онъ далъ закону, я предложилъ называть его закономъ простоты [2]). Большое значеніе его становится яснымъ только тогда, когда мы пытаемся опредѣлить отношенія между логической и математической наукой. Два символа количества, и только два, повидимому, повинуются этому закону; мы можемъ сказать, что $1 \times 1 = 1$ и $0 \times 0 = 0$ (принимая, что 0 значитъ абсолютный нуль или $1 - 1$); нѣтъ, повидимому, другого числа, которое, соединившись само съ собою, дало бы неизмѣнный результатъ. Однако, въ главѣ о числѣ я покажу, что въ дѣйствительности всѣ числовые символы повинуются этому логическому принципу.

Любопытно, что этотъ законъ простоты, почти не замѣчаемый въ новое время, былъ извѣстенъ Боэцію, который дѣлаетъ курьезное замѣчаніе въ своемъ трактатѣ De Trinitate et Unitate Dei (p. 959). Онъ говоритъ: «Если бы я сказалъ: солнце, солнце, солнце, то не сдѣлалъ бы трехъ солнцъ, но только назвалъ бы столько разъ одно» [3]). Прежнія разсужденія по поводу ученія о Троицѣ привлекали болѣе чѣмъ когда либо вниманіе на утонченные вопросы о природѣ единичности и множественности.

Второй законъ логическихъ символовъ состоитъ въ томъ, что порядокъ комбинаціи есть дѣло безразличное. «Драгоцѣнные и рѣдкіе камни» то же самое, что «рѣдкіе и драгоцѣнные камни», или даже, что и «камни драгоцѣнные и рѣдкіе». Въ грамматическомъ, реторическомъ или поэтическомъ употребленіи порядку выраженій придается особенное значеніе. Ограниченная сила нашего ума не позволяетъ намъ обнять нѣсколько идей вдругъ и потому порядокъ положеній можетъ имѣть свое значеніе; но это не чисто логическимъ образомъ. Вся жизнь течетъ въ послѣдовательности времени, и мы принуждены писать, говорить и даже думать о вещахъ и ихъ качествахъ послѣдовательно, объ однихъ за другими; но между вещами и ихъ качествами нѣтъ такого отношенія и порядка во времени или пространствѣ. Сладость сахара стоитъ не прежде или не послѣ его вѣса или растворимости. Твердость металла, его цвѣтъ, вѣсъ, непрозрачность, ковкость, электрическія и химическія свойства всѣ существуютъ вмѣстѣ, въ одномъ времени и пространствѣ, обнимая металлъ и каждую часть его въ совершенной сообщности, а не одни послѣ другихъ. Въ нашихъ словахъ и символахъ мы не можемъ выполнить этого естественнаго условія; мы должны называть одно качество первымъ, а другое вторымъ, совершенно такъ, какъ кто нибудь первый подписываетъ петицію или идетъ первымъ въ процессіи. Въ природѣ нѣтъ такого предшествія.

---

[1]) Mathematical Analysis of Logic, Cambridge, 1847, p. 17. An Investigation of the Laws of Thought. London, 1854, p. 31.

[2]) Pure Logic, p. 15.

[3]) Velut si dicam, Sol, Sol, Sol, non tres soles effecerim, sed uno toties praedicaverim.

Я нахожу, что высказанное здѣсь мнѣніе на счетъ того, что отношенія пространства и времени не примѣнимы ко многимъ нашимъ идеямъ, было ясно развито Юмомъ въ его знаменитомъ Treatise on Human Nature (v. I. p. 410). Онъ говоритъ: «О предметѣ можно сказать, что онъ нигдѣ, если его части расположены одна относительно другой не такъ, чтобы составить какую нибудь фигуру или количество, или же цѣлое относительно своихъ частей расположено не такъ, чтобы соотвѣтствовать нашимъ понятіямъ о смежности или разстояніи. Но въ такомъ именно положеніи находятся всѣ наши воспріятія и предметы, исключая воспріятій и предметовъ зрѣнія и осязанія. Моральное размышленіе не можетъ помѣщаться по правую или по лѣвую сторону страсти, запахъ или звукъ не можетъ быть круглымъ или квадратнымъ. Эти предметы и воспріятія не только не требуютъ особеннаго пространства, но абсолютно несовмѣстны съ нимъ и даже воображеніе не можетъ приписать его имъ».

Небольшое размышленіе показываетъ, что знаніе на высшей степени совершенства должно было бы состоять въ *одновременномъ* обладаніи множествомъ фактовъ. Чтобы понять науку въ совершенствѣ, мы должны были бы представлять каждый фактъ вмѣстѣ со всѣми другими фактами. Мы должны писать книгу и должны читать ее послѣдовательно слово за словомъ,—но какъ безконечно выше были бы наши силы мысли, если бы мы могли охватить все въ одномъ коллективномъ актѣ сознанія! Сравнительно съ животными мы обладаемъ нѣкоторымъ слабымъ приближеніемъ къ такой силѣ и можно думать, что въ неопредѣленномъ будущемъ способности ума расширятся и онъ будетъ менѣе стѣсняемъ необходимостью изслѣдованія предмета по кусочкамъ. Но я желаю здѣсь разъяснить, что нѣтъ логическаго основанія для преемственнаго характера мысли и умозаключенія, неизбѣжнаго при нашемъ настоящемъ умственномъ состоянiи. *Мы логически слабы и несовершенны въ томъ отношенiи, что мы вынуждены мыслить вещи одну послѣ другой.* Мы должны описывать металлъ, какъ «твердый и непрозразный» или «непрозрачный и твердый», тогда какъ въ самомъ металлѣ нѣтъ такого различiя въ порядкѣ свойствъ; свойства одновременны и однопространственны въ своемъ существованiи.

Оставляя въ сторонѣ всѣ грамматическiя особенности, которыя дѣлаютъ существительное менѣе подвижнымъ, чѣмъ прилагательное, и не обращая вниманiя на оттѣнки значенiя, выражаемые особеннымъ порядкомъ, мы можемъ утверждать, какъ общiй законъ логики, что AB тожественно съ BA, или AB=BA. Подобнымъ же образомъ ABC=ACB=BCA= и проч.

Въ послѣднее время Буль первый обратилъ вниманiе на это свойство логическихъ терминовъ и назвалъ его [1]) коммутативностью (способностью обмѣниваться мѣстами). Онъ не только формулировалъ этотъ законъ съ совершенною ясностью, но и показалъ, что это скорѣе законъ мысли, чѣмъ законъ вещей. Я буду имѣть случаи указывать въ разныхъ частяхъ этого сочиненiя, до какой степени необходимое несовершенство нашихъ символовъ, выражаемое въ этомъ законѣ, неразрывно связывается съ нашими способами выраженiя и вноситъ усложненiя во всю систему математическихъ формулъ, которыя всѣ построены на логическихъ основанiяхъ.

Само собою очевидно, что способность обмѣниваться мѣстами принадлежитъ только терминамъ, связаннымъ между собою простымъ логическимъ способомъ синтеза. Никто не можетъ смѣшать «домъ изъ кирпичей» съ «кирпичемъ изъ дома», «воду кристаллизацiи» съ «кристаллизацiей воды». Всѣ отношенiя, содержащiя въ себѣ различiя времени и пространства, не допускаютъ подобнаго обмѣна мѣстами; высшее не можетъ обмѣняться мѣстомъ съ низшимъ или первое съ послѣднимъ. Между частями, относящимися такимъ образомъ, существуетъ такое же различiе, какъ между A, убивающимъ B, и B, убивающимъ A. Законъ коммутативности утверждаетъ просто, что различiе въ порядкѣ не относится къ связи между свойствами и обстоятельствами вещи, къ тому, что я называю *простымъ логическимъ* отношенiемъ.

---

[1]) Laws of Thought., p. 29. Въ предисловiи къ этому второму изданiю указано, что Лейбницу уже былъ извѣстенъ законъ простоты или коммутативности.

ГЛАВА III.

ПРЕДЛОЖЕНІЯ.

Мы теперь приступаемъ къ разсмотрѣнію различныхъ формъ предложеній, въ которыхъ могутъ быть выражены научныя истины. Я постараюсь показать, что какъ бы ни были различны эти формы, но онѣ всѣ допускаютъ примѣненіе одного и того же принципа умозаключенія, что то, что вѣрно объ одной вещи, вѣрно и о другой, подобной ей или тожественной съ нею. Этотъ принципъ оказывается вѣрнымъ, каковъ бы ни былъ родъ или образъ сходства, только бы обращаемо было надлежащее вниманіе на его природу. Предложенія могутъ утверждать тожество по времени, пространству, образу, количеству, степени или какому нибудь другому обстоятельству, по которому вещи сходствуютъ или различаются между собою.

Мы находимъ примѣръ предложенія относительно времени въ слѣдующемъ: «годъ, въ который родился Ньютонъ, былъ годомъ, въ который умеръ Галилей». Это предложеніе выражаетъ приблизительное тожество времени между двумя событіями; поэтому все, что вѣрно о годѣ, въ которомъ умеръ Галилей, вѣрно и о томъ годѣ, въ которомъ родился Ньютонъ, и наоборотъ. «Холмъ въ тоуэрѣ былъ мѣстомъ, на которомъ казненъ Ралейфъ», выражаетъ тожество мѣста, и все, что вѣрно объ одномъ мѣстѣ, вѣрно и о мѣстѣ, иначе опредѣляемомъ, но въ сущности томъ же самомъ. Въ обыкновенномъ языкѣ мы имѣемъ много предложеній, темно выражающихъ тожество числа, количества или степени. «Сколько головъ—столько умовъ»—есть предложеніе относительно числа, т. е. уравненіе; все, что вѣрно относительно числа головъ, вѣрно и относительно числа умовъ, и наоборотъ. «Плотность Марса (почти) равна плотности земли»; «сила тяжести прямо пропорціональна произведенію массъ и обратно пропорціональна квадрату разстоянія»—суть предложенія относительно величины или степени. Логики не обращали надлежащаго вниманія на большое разнообразіе предложеній, соединенныхъ между собою словами *какъ*, *такъ*, *каковъ*, *таковъ*. «Какъ посѣешь, такъ и пожнешь», «каковъ попъ, таковъ приходъ»; и вообще можетъ быть приведено много подобныхъ предложеній, которыя всѣ показываютъ какой нибудь родъ сходства. Но каковъ бы ни былъ частный родъ тожества, всѣ подобныя выраженія подлежатъ великому принципу умозаключенія; но такъ какъ мы въ послѣднихъ частяхъ этого сочиненія будемъ подробнѣе говорить объ умозаключеніяхъ въ случаяхъ числа и величины, то здѣсь мы остановимъ наше вниманіе только на логическихъ предложеніяхъ, которыя содержатъ въ себѣ понятія качества.

Простыя тожества.

Самый важный классъ предложеній составляютъ тѣ, которыя подходятъ подъ формулу

$$A = B,$$

и могутъ быть названы *простыми тожествами*. Прежде всего я могу привести въ примѣръ тѣ самыя элементарныя предложенія, которыя выражаютъ точное подобіе качества, заключающагося въ двухъ или болѣе предметахъ. Я могу сравнить цвѣтъ Тихаго океана съ цвѣтомъ Атлантическаго и найдти ихъ тожественными. Я могу утверждать, что «запахъ гнилаго яйца сходенъ съ запахомъ сѣроводорода»; «вкусъ сѣрноватисто кислаго серебра сходенъ со вкусомъ тростниковаго сахара»; «шумъ землетрясенія похожъ на гулъ отдаленной пушечной пальбы». Таковы предложенія, утверждающія точно или приблизительно тожество простыхъ физическихъ ощущеній. Сужденія этого рода необходимо предполагаются при всѣхъ сложныхъ сужденіяхъ. Если я утверждаю, что «эта монета сдѣлана изъ золота», то я долженъ основывать свое сужденіе на точномъ сходствѣ вещества монеты во многихъ качествахъ съ веществомъ другихъ кусковъ, которые представляютъ несомнѣнное золото. Я долженъ составить сужденія о цвѣтѣ, удѣльномъ вѣсѣ, твердости и другихъ механическихъ и химическихъ свойствахъ; каждое изъ этихъ сужденій выражается въ элементарномъ предложеніи, «цвѣтъ этой монеты есть цвѣтъ золота» и т. д. Даже когда мы устанавливаемъ тожество вещи съ самой собою, но подъ инымъ названіемъ или въ иномъ видѣ, то это дѣлается посредствомъ отдѣльныхъ сужденій относительно частныхъ обстоятельствъ. Чтобы доказать, что Гомеровское χαλκός есть мѣдь, мы должны доказать тожество каждаго качества упоминаемаго о χαλκός съ качествомъ мѣди. Чтобы утвердительно сказать, что Диль есть мѣсто высадки Цезаря, нужно доказать, что всѣ существенныя обстоятельства согласуются съ этимъ. Если новый Уроксетеръ есть древній Uriconium, то должно быть подобное же согласіе во всѣхъ чертахъ страны, не подлежащихъ измѣненію отъ времени.

Такія тожества должны быть выражаемы въ формѣ A=B. Мы можемъ сказать

Цвѣтъ Тихаго океана = цвѣтъ Атлантическаго океана.
Запахъ гнилаго яйца = запахъ сѣроводорода.

Въ этихъ и подобныхъ предложеніяхъ мы утверждаемъ тожество отдѣльныхъ качествъ или причинъ ощущенія. Въ такой же формѣ мы можемъ выразить также тожество всякой группы качествъ, какъ напр.

χαλκός = мѣдь
Диль = мѣсто высадки Цезаря.

Многія предложенія, содержащія единичные термины, подходятъ подъ туже форму, какъ напр.

Полярная звѣзда = Наимедленнѣе движущаяся звѣзда.
Юпитеръ=Самая большая изъ планетъ.
Планета съ кольцомъ=Планета имѣющая семь спутниковъ.
Королева Англіи = Императрица Индіи.
Число два = Первое четное число
Честность = Наилучшая политика.

Въ математическихъ и научныхъ теоріяхъ мы часто встрѣчаемся съ простыми тожествами, могущими выражаться въ такой же формѣ. Такимъ образомъ въ механикѣ: «Процессъ нахожденія равнодѣйствующей силъ = процессъ нахожденія равнодѣйствующей одновременныхъ скоростей». Теоремы въ геометріи часто даютъ результаты въ такой же формѣ:

Равнобедренные треугольники = Равноугольные треугольники.
Кругъ = Сомкнутая плоская кривая съ постоянной кривизной.
Кругъ = Кривая съ наименьшимъ периметромъ.

Самые глубокіе и важные законы природы часто выражаются въ формѣ простыхъ тожествъ; въ дополненіе къ нѣкоторымъ уже приведеннымъ примѣрамъ я могу еще прибавить:

Кристаллы правильной (кубической) системы = Кристаллы не обладающіе способностью двойнаго лучепреломленія.

Всѣ опредѣленія необходимо имѣютъ эту же форму, будетъ ли опредѣляемыхъ предметовъ много, мало или только одинъ. Такимъ образомъ мы можемъ сказать,

Поваренная соль = Хлористый натрій.

Хлорофилъ = Зеленое красящее вещество листьевъ.

Квадратъ = Равносторонній прямоугольникъ.

Очень странно то, что предложенія этой элементарной формы, несмотря на свою важность и многочисленность, не нашли себѣ признаннаго мѣста въ Аристотелевской системѣ логики. Поэтому ихъ важность не замѣчалась до послѣдняго времени, и логика была самой безобразной изъ наукъ. Но невозможно, чтобы Аристотель или кто нибудь другой могъ обойтись безъ постояннаго употребленія ихъ; нельзя опредѣлить и термина, не прибѣгая къ нимъ. И въ одномъ мѣстѣ Аристотель дѣйствительно указываетъ на предложеніе этого рода. Онъ замѣчаетъ: „мы иногда говоримъ, что эта бѣлая вещь есть Сократъ, или приближающійся предметъ есть Калліасъ»[1]). Мы имѣемъ здѣсь несомнѣнно простое тожество терминовъ; но онъ считалъ такія предложенія чисто случайными, и пришелъ къ несчастному заключенію, что «единичные термины не могутъ быть предикатами другихъ терминовъ».

Предложенія могутъ выражать также тожество обширныхъ группъ предметовъ взятыхъ коллективно или въ одномъ соединенномъ цѣломъ, напр. когда мы говоримъ:

Королева, лорды и члены палаты общинъ = Законодательная власть Соединеннаго королевства.

Когда Блекстонъ говоритъ, что «единственно вѣрное и естественное основаніе общества составляютъ потребности и страхъ личностей», то мы должны понимать его такъ, что вся совокупность потребностей и страховъ личностей составляетъ основаніе общества. Но многія предложенія, которыя могутъ казаться собирательными, суть только группы отдѣльныхъ предложеній или тожествъ. Когда мы говоримъ «калій и натрій суть металлическія основанія поташа и соды», то мы очевидно подразумѣваемъ, что

Калій = металлическое основаніе поташа

Натрій = металлическое основаніе соды.

Дѣло граматическаго анализа отдѣлять различныя предложенія, часто соединяемыя въ одной фразѣ. От логики нельзя требовать, чтобы она объясняла формы и пріемы языка, такъ какъ она трактуетъ только о смыслѣ когда онъ ясно выраженъ.

---

[1]) Первая Аналитика, I. cap. XXVII. 3.

Частныя тожества.

Второй въ высшей степени важный родъ предложенія есть тотъ, который я предлагаю назвать *частнымъ тожествомъ*. Когда мы говоримъ, что «всѣ млекопитающія суть позвоночныя», то не разумѣемъ, что млекопитающія тожественны съ позвоночными, но разумѣемъ только, что млекопитающія составляютъ *часть класса позвоночныхъ*. Въ старой логикѣ такое предложеніе представлялось утверждающимъ включеніе одного класса въ другой или предмета въ классъ. Оно называлось общимъ утвердительнымъ предложеніемъ, потому что аттрибутъ *позвоночныя* утверждается о цѣломъ предметѣ *млекопитающія*; но аттрибутъ назывался нераспредѣленнымъ, потому что не всѣ позвоночныя необходимо заключаются въ предложеніи. Аристотель, не замѣчая важности простыхъ тожествъ и даже почти отрицая ихъ существованіе, основалъ, къ сожалѣнію, свою систему на понятіи включенія въ классъ, вмѣсто того чтобы принять основаніе тожества. Онъ думалъ, что умозаключеніе основывается на томъ правилѣ, что все, что вѣрно о содержащемъ классѣ, вѣрно и о содержимомъ въ немъ, а не на томъ гораздо болѣе общемъ правилѣ, что то, что вѣрно о классѣ или вещи, вѣрно и о подобныхъ имъ. Такимъ образомъ онъ не только сдѣлалъ изъ настоящей логики только отрывокъ ея, но и уничтожилъ глубокія аналогіи, которыя связываютъ логическое мышленіе съ математическимъ. Изъ этого возникло множество недостатковъ, трудностей и ошибокъ, которыя долгое время будутъ обезображивать самую первую и самую простую изъ наукъ.

Вполнѣ очевидно, что отношеніе включенія основывается на отношеніи тожества. Млекопитающія животныя не могли бы быть включены въ отдѣлъ позвоночныхъ, еслибы они не были тожественны съ частью позвоночныхъ. Министры кабинета включаются почти всегда въ классъ членовъ парламента потому что они тожественны съ нѣкоторыми изъ тѣхъ, которые засѣдаютъ въ парламентѣ. Мы можемъ указывать это тожество съ частью большаго класса различнымъ образомъ; напр.

Млекопитающія = часть позвоночныхъ.
Діатомовыя = классъ растеній.
Министры кабинетовъ = нѣкоторые члены парламента.

Въ обыкновенномъ языкѣ глаголъ *есть* и *суть* въ большей части случаевъ выражаетъ просто включеніе въ классъ. «Люди суть смертны» выражаетъ то, что *люди* составляютъ часть класса *смертный*; но этотъ смыслъ глагола часто смѣшивается съ тѣмъ, когда онъ выражаетъ тожество, какъ напр. въ «Солнце есть центръ планетной системы». Въ англійскомъ языкѣ прибавленіе неопредѣленнаго члена *a* (одинъ) часто выражаетъ частность; напр. когда говорится «желѣзо есть *a* metal», то ясно выражается этимъ, что желѣзо есть *только одинъ* изъ многихъ металловъ.

Нѣкоторые новые логики для устраненія неопредѣленности, о которой идетъ рѣчь, предлагали то, что можетъ быть названо квантификаціей (количественнымъ опредѣленіемъ) предиката и они вообще употребляли слово *нѣкоторый*, чтобы показать, что только часть предиката (сказуемаго) тожественна съ субъектомъ (подлежащимъ). *Нѣкоторый* есть неопредѣленное мѣстоимѣніе; оно выражаетъ неизвѣстныя качества, на основаніи которыхъ мы могли бы избрать подлежащую часть, еслибы качества были извѣстны, но оно не даетъ никакихъ указаній относительно ихъ природы. Въ этомъ сочиненіи я могъ бы употреблять такой неопредѣленный знакъ для выраженія частныхъ тожествъ. Такъ еслибы взять особенный символъ V= нѣкоторый, то общая форма частнаго тожества была бы $A=VB$, и въ логикѣ Буля много употребляются выраженія въ этомъ родѣ. Но я думаю, что неопредѣленные символы вносятъ только усложненіе и разрушаютъ изящество и простую всеобщность системы, которая можетъ быть составлена безъ нихъ. Неопредѣленныя выраженія вродѣ *нѣкоторый* употребляются въ обыкновенномъ языкѣ для сокращенія и чтобы не давать себѣ труда заботиться о большей точности. Мы всегда можемъ употребить болѣе опредѣленныя выраженія, если захотимъ; но разъ употреблено неопредѣленное *нѣкоторый*, мы не можемъ замѣнить его частнымъ описаніемъ. Мы не знаемъ, какой цвѣтъ *нѣкоторый*, красный ли онъ, жолтый, синій и что онъ такое; но съ другой стороны *красный* цвѣтъ есть несомнѣнно *нѣкоторый* цвѣтъ.

Въ настоящей системѣ логики я вездѣ буду обходиться безъ такихъ неопредѣленныхъ выраженій и это легко сдѣлать, замѣщая ихъ другими терминами. Для того чтобы выразить предложеніе «Всѣ A суть нѣкоторые B», я не буду употреблять формы $A=VB$, но

$$A=AB.$$

Эта формула выражаетъ, что классъ A тожественнъ съ классомъ AB; и такъ какъ послѣдній доженъ быть частью класса B, то формула содержитъ въ себѣ включеніе класса A въ классъ B. Мы можемъ представить нашъ прежній примѣръ такъ

Млекопитающія = Млекопитающія позвоночныя.

Это предложеніе утверждаетъ тожество между частью (или же цѣлымъ) позвоночныхъ и млекопитающими. Если спросить, какая часть? то предложеніе не даетъ на это другаго отвѣта, кромѣ того, что это та часть, которая называется «млекопитающія»; но и выраженіе «млекопитающія = нѣкоторыя позвоночныя» говоритъ намъ не больше этого.

Очень можетъ быть, что нѣкоторые читатели найдутъ этотъ способъ выраженія общаго утвердительнаго предложенія искуственнымъ и сложнымъ. Я не стану убѣждать ихъ въ противномъ въ настоящемъ мѣстѣ моего изложенія. Оправданіе этого способа будетъ не столько въ непосредственномъ изложеніи этого предложенія, сколько въ общей гармоніи, какую онъ даетъ намъ возможность установить между всѣми частями умозаключенія. Я не сомнѣваюсь, что это представляетъ критическую трудность въ отношеніи логическаго умозаключенія къ другимъ формахъ умозаключенія. Если принять этотъ способъ обозначенія, что «всѣ А суть В», то я не боюсь дальнѣйшихъ трудностей; если же отвергнуть его, то мы встрѣтимся съ недостаткомъ аналогіи и безконечными аномаліями во всѣхъ направленіяхъ. Я надѣюсь посредствомъ общихъ основаній показать настоятельность мотивовъ побуждающихъ стремиться свести всѣ роды предложенія къ формѣ тожества.

Я могу прибавить, что многіе логики раздѣляли этотъ взглядъ на общее утвердительное предложеніе. Лейбницъ въ своихъ Difficultates quaedam Logicæ принимаетъ его, говоря: «всякое А есть В; оно равнозначно АВ и А, или А не В не существуетъ». Буль употреблялъ логическое уравненіе $x=xy$ совмѣстно съ $x=vy$; и Спальдингъ [1]) прямо говоритъ, что предложеніе «всѣ металлы суть минералы» можетъ быть представлено какъ утвержденіе *частнаго тожества* между двумя классами. Отсюда и произошло названіе, которое я принялъ для этихъ предложеній.

Ограниченныя тожества.

Одинъ важный классъ предложеній имѣетъ форму

$$AB = AC,$$

выражающую тожество класса АВ съ классомъ АС. Другими словами, «Въ сферахъ класса А всѣ В суть С», или еще «В и С, которыя А, суть тожественны». Но при этомъ ничего не утверждается относительно вещей, которыя находятся внѣ класса А; такимъ образомъ тожество имѣетъ ограниченный объемъ. Это есть предложеніе В = С, но ограниченное сферою вещей называемыхъ

---

[1]) Encyclopaedia Britannica. 8 ed. art. Logic, s. 37, note. 8-vo reprint, p. 59.

А. Такъ мы можемъ сказать съ нѣкоторымъ приближеніемъ къ истинѣ, что «большія растенія суть растенія лишонныя способности передвиженія».

Англійскій юристъ можетъ сдѣлать много самыхъ общихъ положеній касательно отношеній между лицами и вещами въ ходѣ своихъ доказательствъ; но все это нужно будетъ понимать такъ, что онъ говоритъ только о лицахъ и вещахъ, подлежащихъ дѣйствію англійскаго закона. Даже математики составляютъ положенія, которыя не вѣрны съ безусловную общностью. Они говорятъ, что мнимые корни входятъ въ уравненія попарно; но это вѣрно только при томъ умалчиваемомъ условіи, чтобы уравненія, о которыхъ идетъ рѣчь, не имѣли мнимыхъ коэффиціентовъ [1]). Словомъ міръ, съ которымъ они обыкновенно имѣютъ дѣло, есть міръ уравненій съ вещественными коэффиціентами. Эти подразумѣваемыя ограниченія составляютъ часть той большой массы умалчиваемаго знанія, которая сопровождаетъ всѣ спеціальные аргументы.

ДеМоргану мы обязаны замѣчаніемъ, что мы обыкновенно мыслимъ и доказываемъ въ ограниченномъ мірѣ или сферѣ понятій, даже когда это не выражается прямо [2]). Заслуживаетъ вниманія вопросъ, не всѣ ли тожества также ограничены на дѣлѣ извѣстною сферою выражаемаго ими значенія. Когда мы высказываемъ такое несомнѣнное положеніе, какъ «золото ковко», то мы очевидно говоримъ о золотѣ только въ его твердомъ состояніи; когда мы говоримъ, что «ртуть есть жидкій металлъ», то конечно исключаемъ ея замерзшее состояніе, въ которомъ она бываетъ въ арктическихъ странахъ. Когда даже мы высказываемъ такой основной законъ природы, какъ «всѣ вещества тяготѣютъ», то подъ веществомъ мы должны разумѣть матеріальное вещество, не включая сюда того основанія теплоты, свѣта и электрическихъ волнообразныхъ колебаній, которое занимаетъ пространство и обладаетъ многими удивительными механическими свойствами, но не тяготѣніемъ. Потому это предложеніе дѣйствительно имѣетъ такую форму

Матеріальное вещество = Матеріальное тяготѣющее вещество.

Отрицательныя предложенія.

Во всякомъ актѣ ума мы имѣемъ дѣло съ извѣстнымъ тожествомъ или различіемъ между сравниваемыми вещами или ощущеніями. До сихъ поръ я разсматривалъ только тожества; и однакоже можетъ показаться, что отношеніе различія должно быть несравненно болѣе общимъ, чѣмъ отношеніе сходства. Одна вещь можетъ быть сходна съ множествомъ другихъ вещей, но тогда она отлична отъ всѣхъ остальныхъ вещей въ мірѣ. Различіе, можно сказать, составляетъ жизнь, и есть для мысли тоже, что движеніе для рѣки. Воспріятіе предмета предполагаетъ собою отличеніе его отъ всѣхъ другихъ предметовъ. Но тѣмъ не менѣе можно сказать, что мы открываемъ сходство столь же часто, какъ и различіе. Въ самомъ дѣлѣ, мы не можемъ утверждать существованія различія, не предполагая въ тоже время существованія сходства.

---

[1]) Де Морганъ, On the Root of any Function. Cambridge Philosophical Transactions, 1867. v. XI. p. 25.

[2]] Syllabus of a proposed System of Logic, §§ 122, 123.

Если я, напр., сравниваю ртуть съ другими металлами и рѣшаю, что она *не тверда,* то здѣсь есть различіе между ртутью и твердыми вещами, выраженное въ отрицательномъ предложеніи; но въ тоже время здѣсь должно подразумѣваться и сходство между ртутью и другими веществами, которыя не тверды. Какъ невозможно отдѣлить гласныя азбуки отъ согласныхъ, не отдѣляя въ тоже время согласныхъ отъ гласныхъ, также точно я не могу избрать предметомъ мысли *твердыхъ вещей,* не соединяя при этомъ въ другой классъ всѣхъ вещей, которыя *не тверды.* Самый фактъ неимѣнія качества составляетъ новое качество, которое можетъ быть основаніемъ для сужденія и классификаціи. Съ этой точки зрѣнія сходство и различіе суть только двѣ стороны одного и того же акта ума, и представляется возможнымъ выразить одно и тоже сужденіе въ томъ или другомъ видѣ.

Поэтому между утвержденіемъ и отрицаніемъ существуетъ совершенное равновѣсіе. Каждое утвердительное предложеніе предполагаетъ отрицательное и наоборотъ. И съ логической точки зрѣнія даже безразлично, употребляется ли положительный или отрицательный терминъ для обозначенія даннаго качества и класса вещей, обладающихъ имъ. Если обыкновенное состояніе человѣческаго тѣла называется *здоровьемъ,* то измѣненіе къ худшему этого состоянія называется *нездоровьемъ;* но въ послѣднемъ случаѣ мы можемъ также называть его *болѣзнью,* а нормальное состояніе *не болѣзнью.* Животныя и растительныя вещества называются теперь *органическими,* такъ что другія вещества, составляющія несравненно большую часть земного шара называются отрицательно *неорганическими.* Но мы можемъ съ одинаковою логическою вѣрностью назвать преобладающій классъ веществъ *минеральнымъ,* и тогда растительныя и животныя вещества будутъ *не минеральными.*

Ясно поэтому, что всякій положительный терминъ и соотвѣтствующій ему отрицательный раздѣляютъ между собою весь міръ мысли: все, что не подходитъ подъ одинъ, должно подходить подъ другой на основаніи третьяго основнаго закона мышленія, закона двойственности. Изъ этого прямо слѣдуетъ, что есть два способа выражать различіе. Предполагая, что вещи обозначаемыя

А и В оказываются различными, мы можемъ выразить (см. стр. 16) результатъ сужденія такой формулой

$$A \sim B.$$

Но мы можемъ выразить тоже сужденіе посредствомъ утвержденія, что А сходно съ тѣми вещами, которыя отличны отъ В или что А сходно съ не-В. Употребляя наше обозначеніе для отрицательныхъ терминовъ (см. стр. 14), мы получимъ

$$A = Ab,$$

какъ выраженіе обыкновеннаго отрицательнаго предложенія. Такъ если А значитъ ртуть, а В тверда, тогда мы имѣемъ слѣдующее предложеніе:

Ртуть = Ртуть не тверда.

Такимъ же образомъ мы имѣемъ многіе другіе классы отрицательныхъ предложеній, на которыя не обращала вниманія старая логика. Могутъ быть случаи, когда всѣ А суть не-В, и въ тоже время всѣ не-В суть А; словомъ, можетъ быть простое тожество между А и не-В, которое можетъ быть выражено въ формѣ

$$A = b.$$

Примѣромъ этой формы можетъ служить выраженіе

Проводники электричества = тѣла неэлектрическія.

Мы часто будемъ имѣть дѣло, какъ съ результатами дедукціи, съ простыми, частными или ограниченными тожествами между отрицательными терминами, какъ напр. въ формахъ

$$a = b,\ a = ab,\ aC = bC \text{ и проч.}$$

Было бы возможно представить утвердительныя предложенія въ отрицательной формѣ. Такъ «желѣзо твердо» можно было бы выразить «желѣзо не не твердо», или «желѣзо не жидко»; или если взять А и b терминами «желѣзо» и «не твердо», то форма была бы $A \sim b$.

Но есть сильныя основанія въ пользу того, чтобы употреблять всѣ предложенія въ ихъ утвердительной формѣ. Всякое умозаключеніе совершается посредствомъ замѣщенія равнозначныхъ и предложеніе, выраженное въ формѣ тожества, даетъ возможность вывести всѣ его слѣдствія самымъ прямымъ образомъ. Какъ будетъ подробно показано дальше, мы можемъ умозаключать *въ* отрицательномъ предложеніи, но не *посредствомъ* его. Различіе неспособно быть основаніемъ умозаключенія; только предполагаемое сходство съ другими различными предметами даетъ возможность дедуктивнаго умозаключенія; и всегда оказывается выгоднымъ употреблять предложенія въ формѣ, которая ясно представляетъ предполагаемыя сходства.

Превращеніе предложеній.

Старыя руководства по логикѣ содержатъ много правилъ относительно превращенія предложеній, т. е. перемѣщенія субъекта и предиката такимъ образомъ, чтобы получилось новое предложеніе, которое будетъ истинно, если истинно первоначальное предложеніе. Сведеніе всякаго предложенія на форму тожества дѣлаетъ излишними всѣ такія правила и пріемы. Тожество по существу своему взаимно. Если цвѣтъ Атлантическаго океана такой же, какъ цвѣтъ Тихаго океана, то и цвѣтъ Тихаго океана такой же, какъ Атлантическаго. Хлористый натрій тожественъ съ поваренною солью, поэтому и поваренная соль должна быть тожественна съ хлористымъ натріемъ. Если число оконъ въ Салисбюрійскомъ соборѣ равно числу дней въ году, то и число дней въ году должно быть равно числу оконъ. Лордъ Честерфильдъ былъ правъ, когда сказалъ: «я предлагаю каждому на выборъ эти двѣ истины, которыя составляютъ одно и то же; тотъ, кто любитъ себя наилучшимъ образомъ, есть честнѣйшій человѣкъ, или честнѣйшій человѣкъ любитъ себя наилучшимъ образомъ». Скотусъ Эригена точно выражаетъ этотъ взаимный характеръ тожества, говоря «нѣтъ двухъ предметовъ изученія, изъ которыхъ бы одинъ былъ предметомъ философіи, а другой религіи; истинная философія есть истинная религія и истинная религія есть истинная философія».

Математикъ едва ли бы счолъ нужнымъ даже упоминать о томъ, что если $x = y$, то и $y = x$. Онъ вовсе не видѣлъ бы здѣсь двухъ уравненій, но только одно, случайно написанное двумя разными манерами. Въ написанныхъ символахъ одно изъ двухъ названій должно быть первымъ, а другое вторымъ, и подобная послѣдовательность наблюдается навѣрное и въ нашихъ мысляхъ; но относительно тожества нѣтъ надобности въ такой послѣдовательности по порядку (см. стр. 32); здѣсь одно одновременно равно и тожественно другому. Эти замѣчанія одинаково примѣнимы какъ къ логическому, такъ и къ математическому тожеству; такъ что я буду считать, что двѣ формы

$$A = B \text{ и } B = A$$

выражаютъ совершенно одно и тоже тожество, только написанное различно. Устраняется такимъ образомъ всякая надобность въ правилахъ превращенія и не окажется во всей логикѣ ни одного предложенія, которое нельзя было бы написать концомъ вначалѣ. Тамъ $A = AB$ есть тоже самое, что $AB = A$, $aC = bC$ тоже самое что $bC = aC$ и т. д.

Тѣже замѣчанія отчасти вѣрны относительно различій и неравенствъ которыя также взаимны до такой степени, что одна вещь не можетъ отличаться отъ другой безъ того, чтобы вторая вещь не отличалась отъ первой. Марсъ отличается цвѣтомъ отъ Венера и Венера должна отличаться отъ Марса. Земля отлична по плотности отъ Юпитера; а потому и Юпитеръ долженъ быть отличенъ отъ земли. Говоря вообще, если $A \sim B$, то мы будемъ имѣть также $B \sim A$, и эти двѣ формы могутъ считаться выраженіями одного и того же различія. Но отношеніе различныхъ вещей не всегда взаимно. Плотность Юпитера отличается отъ плотности земли не такъ, какъ плотность земли—отъ плотности Юпитера. Измѣненіе ощущенія, какое мы испытывали бы переходя отъ Венеры къ Марсу не то, какое мы испытывали бы, переходя назадъ къ Венерѣ, но было бы противоположно по существу. Цвѣтъ неба свѣтлѣе, чѣмъ цвѣтъ океана; поэтому цвѣтъ океана не можетъ быть свѣтлѣе цвѣта неба, но темнѣе его. Въ этихъ и подобныхъ случаяхъ мы получаемъ понятіе о *направленіи* или характерѣ измѣненія, и на этомъ понятіи основываются результаты громадной важности. Но въ настоящее время мы имѣемъ дѣло только съ фактомъ существованія или несуществованія тожества.

Двоякое истолкованіе предложеній.

Термины, какъ мы видѣли (стр. 24) могутъ имѣть значеніе или по объему или по содержанію; и согласно съ тѣмъ, какъ терминамъ предложенія мы можемъ приписывать то или другое значеніе, и самимъ предложеніямъ мы можемъ придавать различное истолкованіе. Когда термины отвлеченны, то мы должны понимать ихъ по содержанію и предложеніе, связывающее такіе термины, должно обозначать тожество или не-тожество качествъ, обозначаемыхъ терминами. Такъ, если мы говоримъ

Равенство = Тожество по величинѣ,

то это значитъ, что обстоятельства равенства вполнѣ соотвѣтствуютъ обстоятельству тожества по величинѣ. Подобнымъ же образомъ въ

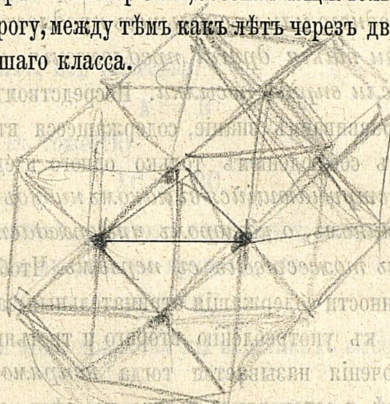
Непрозрачность = неспособность пропускать свѣтъ

качество неспособности пропускать свѣтъ признается одинаковымъ со смысломъ содержанія слова непрозрачность.

Если общія названія составляютъ термины предложенія, то мы можемъ примѣнять двоякое истолкованіе. Такъ

Экзогеновыя = Двусѣменодольныя

значитъ или что качества принадлежащія всѣмъ экзогеновымъ суть тѣже, которыя принадлежатъ всѣмъ двусѣменодольнымъ, или же что каждый индивидуумъ, подходящій подъ одно названіе, подходитъ одинаково и подъ другое. Поэтому можно сказать, что есть два отдѣльныя поля логической мысли. Мы можемъ доказывать или посредствомъ качественнаго значенія названій или посредствомъ количественного, т. е. объемнаго значенія. Каждый аргументъ, содержащій конкретные множественные термины, можетъ быть превращонъ въ аргументъ, содержащій только отвлечонные единичные термины, и наоборотъ. Но есть основанія думать, что содержательная или качественная форма мышленія есть первоначальная и основная. Достаточно указать на то, что объемное значеніе названія есть вещь измѣнчивая и колеблющаяся, тогда какъ содержательное значеніе можетъ тѣмъ не менѣе оставаться постояннымъ. Въ послѣднее время были сдѣланы многочисленныя прибавленія къ объемнымъ значеніямъ планеты и элемента. Каждый новый желѣзный пароходъ и каждый такой разбитый пароходъ увеличиваетъ или уменьшаетъ объемное значеніе названія паровое судно, не измѣняя его содержательнаго значенія. Почтовый дилижансъ значитъ теперь тоже самое, что значилъ всегда, но относительно объема этотъ классъ вещей можно считать почти исчезнувшимъ въ Англіи. А напротивъ китайская желѣзная дорога есть терминъ, обозначающій только одинъ предметъ, единственную такую дорогу, между тѣмъ какъ лѣтъ черезъ двадцать оно можетъ быть названіемъ большаго класса.



ГЛАВА IV.

ДЕДУКТИВНОЕ УМОЗАКЛЮЧЕНІЕ.

Объяснивши въ предшествующихъ главахъ общій принципъ умозаключенія и установивши надлежащую систему символовъ, мы должны перейти теперь къ сравнительно легкому дѣлу развитія наиболѣе общихъ и важныхъ формъ дедуктивнаго (выводнаго) умозаключенія. Общая проблема дедукціи имѣетъ слѣдующій видъ: *изъ одного или нѣсколькихъ предложеній называемыхъ посылками, вывести такія другія предложенія, которыя необходимо будутъ вѣрны, если вѣрны посылки.* Посредствомъ дедукціи (выведенія) мы изслѣдуемъ и развиваемъ знаніе, содержащееся въ посылкахъ; и это мы можемъ сдѣлать съ соблюденіемъ только одного и единственнаго правила, *всякій терминъ встрѣчающійся въ какомъ нибудь предложеніи, можно замѣщать терминомъ, о которомъ утверждается въ какой нибудь посылкѣ, что онъ тожественъ съ первымъ.* Чтобы получить нѣкоторыя дедукціи, въ особенности содержащія отрицательныя заключенія, намъ нужно будетъ прибѣгать къ употребленію втораго и третьяго закона мышленія и процессъ умозаключенія называется тогда *непрямой дедукціей.* Однако въ настоящей главѣ я остановлюсь только на тѣхъ результатахъ, которые могутъ быть получены посредствомъ процесса *прямой дедукціи,* т. е. посредствомъ примѣненія къ самымъ посылкамъ правила замѣщенія. Окажется, что мы можемъ соединить въ одну гармоническую систему не только разные виды стараго силлогизма, но и большое число одинаково важныхъ формъ умозаключенія, которыя не имѣли признаннаго мѣста въ старой логикѣ. Въ тоже время мы можемъ вполнѣ обойтись безъ изысканнаго аппарата логическихъ правилъ и мнемоническихъ пособій, которыя нужны были въ то время, когда еще не былъ ясно выраженъ жизненный принципъ умозаключенія.

Непосредственное умозаключеніе.

Самую простѣйшую изъ всѣхъ формъ умозаключенія составляетъ та, которая была названа *непосредственнымъ умозаключеніемъ*, потому что она можетъ быть осуществлена въ одномъ предложеніи. Это умозаключеніе состоитъ въ прибавленіи прилагательнаго, или другаго такого же качественнаго слова къ обоимъ частямъ тожества и въ утвержденіи равнозначности полученныхъ такимъ образомъ терминовъ. Напр., такъ какъ

Проводники электричества = Тѣла не электрическія,

то изъ этого слѣдуетъ, что

Жидкіе проводники электричества = Жидкимъ неэлектрическимъ тѣламъ.

Если мы предположимъ, что

Растенія = Тѣла разлагающія угольную кислоту,

то изъ этого будетъ слѣдовать, что

Микроскопическія растенія = Микроскопическія тѣла, разлагающія угольную кислоту.

Въ общихъ терминахъ, изъ тожества

$$A = B$$

мы можемъ заключить къ тожеству

$$AC = BC.$$

Это есть только случай простаго замѣщенія; потому что на основаніи перваго закона мышленія мы должны принять, что

$$AC = AC,$$

и если во второй части этого тожества мы подставимъ вмѣсто A равнозначное ему B, то получимъ

$$AC = BC.$$

Подобнымъ же образомъ изъ частнаго тожества

$$A = AB$$

мы можемъ получить

$$AC = ABC$$

посредствомъ совершенно такого же акта замѣщенія; и въ каждомъ другомъ случаѣ правило можетъ быть провѣрено принципомъ умозаключенія. Процессъ, если онъ ведется такъ, какъ описано здѣсь, вполнѣ гарантированъ отъ возможности ошибокъ, которая, какъ я показалъ [1]), существуетъ для «непосредственнаго умозаключенія посредствомъ прибавленія опредѣленій», какъ оно описано у Томсона [2]).

Умозаключеніе съ двумя простыми тожествами.

Одна изъ самыхъ обыкновенныхъ формъ умозаключенія, на которую я обращу особенное вниманіе, состоитъ изъ двухъ простыхъ тожествъ. Изъ двухъ положеній, что «Лондонъ есть столица Англіи» и «Лондонъ есть самый населенный городъ въ мірѣ», мы немедленно выводимъ заключеніе, что «столица Англіи есть самый населенный городъ въ мірѣ». Подобнымъ же образомъ тожество

Водородъ=Вещество съ наименьшею плотностью,
Водородъ=Вещество съ наименьшимъ атомнымъ вѣсомъ

мы заключаемъ:

Вещество съ наименьшею плотностью=Вещество съ наименьшимъ атомнымъ вѣсомъ.

Общая форма аргумента, если ее выразить въ символахъ, будетъ

$$B=A \qquad (1)$$
$$B=C, \qquad (3)$$
$$\text{отсюда} \quad A=C. \qquad (3)$$

Мы можемъ выразить результатъ, сказавши, что термины, тожественные съ однимъ и тѣмъ же терминомъ, тожественны и между собою; и нельзя не замѣтить въ этомъ аналогіи съ первою аксіомою Эвклида, что «вещи равныя одной и той же вещи, равны между собою». Прежде предполагали обыкновенно, что это есть основной принципъ мышленія, котораго уже нельзя свести на что нибудь болѣе простое. Но я не сомнѣваюсь, что эта форма умозаключенія есть только случай общаго правила умозаключенія. Мы имѣемъ два предложенія, A=B и B=C, и мы можемъ на время принять, что второе предложеніе утверждаетъ какую нибудь истину относительно B, между тѣмъ какъ первое показываетъ намъ, что B тожественно съ A; поэтому посредствомъ замѣщенія мы можемъ утверждать ту же истину и объ A. Въ нашемъ частномъ случаѣ утверждаемая истина есть тожество съ C и мы могли бы, если бы захотѣли, считать, что замѣщеніе произведено въ первомъ тожествѣ посредствомъ второго. Имѣя два тожества, мы можемъ по произволу выбирать способъ, какимъ мы сдѣлаемъ замѣщеніе, хотя результатъ во всякомъ случаѣ будетъ совершенно одинаковъ.

---

[1]) Elementary Lessons in Logic, p. 86.

[2]) Outline of the Laws of Thought, § 87.

Теперь сравнимъ три слѣдующія формулы:

$A=B=C$, слѣдовательно $A=C$ (1)
$A=B\sim C$, » $A\sim C$ (2)
$A\sim B\sim C$, нѣтъ заключенія. (3)

Во второй формулѣ мы имѣемъ тожество и различіе и имѣемъ возможность заключить къ различію; въ третьемъ мы имѣемъ два различія и не можемъ сдѣлать никакого заключенія. Такъ какъ A и C отличаются отъ B, то мы не можемъ сказать, будутъ ли они или нѣтъ отличаться другъ отъ друга. Цвѣты и листья могутъ быть отличны по цвѣту отъ земли, на которой растетъ растеніе, и однако же они могутъ быть отличны и другъ отъ друга, а въ другихъ случаяхъ листья и стебель могутъ отличаться отъ почвы и однако же быть сходными другъ съ другомъ. Когда мы имѣемъ только различіе, то не можемъ сдѣлать умозаключенія; но гдѣ мы имѣемъ тожество, тамъ можемъ умозаключать. Этотъ фактъ даетъ сильную опору моему мнѣнію, что умозаключеніе всегда совершается на основаніи тожества, но можетъ одинаково хорошо совершаться посредствомъ предложеній, утверждающихъ различіе или тожество.

Не входя въ болѣе полное обсужденіе этого пункта, я хочу только упомянуть теперь, что аргументы отъ двойнаго тожества встрѣчаются весьма часто и обыкновенно принимаются какъ не требующіе доказательства вслѣдствіе ихъ крайней простоты. Относительно однозначности словъ эта форма умозаключенія должна употребляться постоянно. Если древнее греческое χαλκός есть *мѣдь*, то оно должно быть также тождественно англійскому copper, французскому cuivre, нѣмецкому Kupfer, латинскому cuprum, потому что всѣ эти слова, по крайней мѣрѣ въ одномъ смыслѣ, однозначны съ мѣдью. Вездѣ, гдѣ мы можемъ дать два опредѣленія или выраженія для одного и того же термина, эта формула имѣетъ примѣненіе; такъ, Сеніоръ опредѣлялъ богатство, какъ «всѣ тѣ вещи, и только тѣ вещи, которыя можно переносить, запасъ которыхъ ограниченъ и которыя прямо или не прямо доставляютъ удовольствіе или предупреждаютъ непріятности». Богатство такимъ же образомъ равнозначно съ «вещами, которыя имѣютъ мѣновую цѣнность»; отсюда очевидно, что «вещи, имѣющія мѣновую цѣнность=всѣмъ тѣмъ вещамъ и только тѣмъ, которыя можно переносить, и проч.». Два выраженія для одного и того же термина часто даются въ одной и той же фразѣ и при этомъ подразумѣвается ихъ однозначность. Такъ Томсонъ и Тетъ говорятъ [1]: «натуралистъ можетъ довольствоваться знаніемъ матеріи какъ чего-то такого, что можетъ быть воспринимаемо нашими чувствами, или же такого, на что можетъ дѣйствовать сила, или что можетъ обнаруживать силу». Я думаю, это значитъ:

Матерія=что можетъ быть воспринимаемо чувствами,

Матерія=на что можетъ дѣйствовать сила или что можетъ обнаруживать силу.

Терминъ «матерія» мы можемъ замѣстить въ каждомъ изъ этихъ тожествъ его равнозначнымъ, даннымъ въ другомъ опредѣленіи. И въ другихъ случаяхъ часто употребляются фразы вродѣ слѣдующихъ [2]: «цѣлая кривизна или полное измѣненіе направленія дуги плоской кривой есть уголъ, на который повернута касательная, при переходѣ отъ отного конца до другого». Эта фраза очевидно имѣетъ форму—

Полная кривизна=полное измѣненіе направленія и проч.=уголъ, н который повернута касательная и пр.

Замаскированные случаи такого же рода умозаключенія встрѣчаются во всѣхъ наукахъ и замѣчательный примѣръ его находится въ аналитической геометріи. Математики ясно показываютъ, что каждое уравненіе формы $y=mx+c$ соотвѣтствуетъ прямой линіи или представляетъ ее; но также легко доказать, что то же уравненіе равнозначно уравненію общей формы $Ax+By+C=0$ и наоборотъ. Отсюда слѣдуетъ, что каждое уравненіе такой формы, т. е. каждое уравненіе первой степени соотвѣтствуетъ прямой линіи или представляетъ ее [3].

Умозаключеніе съ простымъ и частнымъ тожествомъ.

Форма умозаключенія, нѣсколько отличная отъ только-что разсмотрѣнной нами, состоитъ въ умозаключеніи между простымъ и частнымъ тожествомъ Если мы имѣемъ два предложенія формъ

$$A=B,$$

$$B=BC,$$

---

[1] Treatise on Natural Philosophy, v. I. p. 161.

[2] Treatise on Natural Philosophy, v. I. p. 6.

[3] Todhunter's Plane Co-ordinate Geometry, ch. II. p. 11—14.

то мы можемъ замѣстить B въ каждомъ предложеніи его равнозначнымъ въ другомъ предложеніи, и въ обоихъ случаяхъ получимъ $A=BC$; а въ немъ, если угодно, мы можемъ сдѣлать другое замѣщеніе B и получимъ

$$A=AC.$$

Напримѣръ, такъ какъ «Монбланъ есть высочайшая гора въ Европѣ, и Монбланъ покрытъ глубокимъ снѣгомъ», то посредствомъ очевиднаго замѣщенія мы заключаемъ, что «высочайшая гора въ Европѣ покрыта глубокимъ снѣгомъ». Эти предложенія, если они строго доказаны, подходятъ подъ формы, указанныя выше.

Этотъ способъ умозаключенія употребляется постоянно, когда мы замѣщаемъ терминъ его опредѣленіемъ, и наоборотъ. Самая цѣль опредѣленія состоитъ въ томъ, чтобы дать возможность употребить одно слово вмѣсто длинной описательной фразы. Такъ, когда мы говоримъ: «кругъ есть кривая второго порядка», то можемъ замѣнить это опредѣленіемъ круга и получимъ: «кривая, всѣ точки которой находятся въ равныхъ разстояніяхъ отъ одной точки, есть кривая второго порядка». Настоящія формы приведенныхъ здѣсь предложеній совершенно такія же, какія представлены въ символическихъ выраженіяхъ; но въ этомъ, какъ и во многихъ другихъ случаяхъ, достаточно привести ихъ въ обыкновенномъ сокращенномъ языкѣ для краткости. Въ научныхъ трактатахъ терминъ и его опредѣленіе часто даются оба въ одной и той же фразѣ, какъ напр., «вѣсъ тѣла въ данной мѣстности или сила, съ какою земля притягиваетъ его, пропорціональна его массѣ». Союзъ *или* въ этомъ положеніи даетъ значеніе равнозначности вводной фразѣ, такъ что на дѣлѣ предложенія имѣютъ такой видъ:

Вѣсъ тѣла=сила, съ какою земля притягиваетъ его.
Вѣсъ тѣла=вѣсъ и проч. пропорціональный его массѣ.

Нѣсколько иной случай умозаключенія состоитъ въ томъ, когда въ предложеніи формы $A=AB$ замѣщеніе производится опредѣленіемъ термина B. Такъ, изъ формы $A=AB$ и $B=C$ мы получаемъ $A=AC$. Напримѣръ, мы можемъ сказать, что «металлы суть элементы», а «элементы не могутъ быть разложены».

Металлъ=металлъ элементъ
Элементъ=что не можетъ быть разложено.

Поэтому

металлъ=элементъ, не могущій быть разложеннымъ.

Почти нѣтъ надобности указывать на то, что форма этихъ аргументовъ не подвергается никакому существенному измѣненію, если термины случаются отрицательные; и дѣйствительно, въ послѣднемъ примѣрѣ «не могутъ быть разложены»—можно считать отрицательнымъ терминомъ. Если мы обозначимъ

А=металлъ С=могущій быть разложеннымъ
В=элементъ с=не могущій быть разложеннымъ,

то предложенія получатъ формы

$$A=AB$$
$$B=c,$$

откуда по замѣщеніи получаемъ $A=Ac$.

Умозаключеніе къ частному отъ двухъ частныхъ тожествъ.

Какъ ни обыкновенны случаи умозаключенія, уже указанные нами, однако есть форма, встрѣчающаяся гораздо чаще и заслуживающая особеннаго вниманія, потому что она занимала выдающееся мѣсто въ старой системѣ силлогизмовъ. Эта система страннымъ образомъ не замѣчала всѣхъ родовъ аргумента, уже разсмотрѣнныхъ нами, и выбрала какъ типъ всякаго умозаключенія только одинъ, который употребляетъ какъ посылки два частныя тожества. Изъ предложеній

Натрій есть металлъ (1)
Металлы проводятъ электричество (2)

мы можемъ заключать, что

Натрій проводитъ электричество (3).

Если взять А, В, С для выраженія трехъ терминовъ, то посылки получаютъ формы

$$A=AB \quad (1)$$
$$B=BC \quad (2).$$

Затѣмъ, если мы въ (1) замѣстимъ В его выраженіемъ въ (2), то получимъ

$$A=ABC \quad (3),$$

или, другими словами, изъ того, что

Натрій=металлъ (1)
Металлъ=металлъ проводящій электричество (2),

мы заключаемъ:

Натрій=натрій металлъ, проводящій электричество (3), что на сокращенномъ житейскомъ языкѣ выражается:

«Натрій проводитъ электричество».

Приведенный силлогизмъ относится къ виду (модусу) Barbara [1]), называвшемуся такъ на дѣйствительно варварскомъ языкѣ старыхъ логикъ; и первая фигура силлогизма содержала это Barbara и три другіе вида, которые считались отдѣльными формами аргумента. Но нужно замѣтить, что безъ всякаго измѣненія въ нашей формѣ умозаключенія мы легко можемъ включить эти три вида въ Barbara. Отрицательный видъ Celarent можно представить примѣромъ:

Нептунъ есть планета (1)
Ни одна планета не имѣетъ ретроградняго движенія (2)

слѣдовательно

Нептунъ не имѣетъ ретроградняго движенія. (3)

Если мы примемъ, что A есть Нептунъ, B планета и C «имѣющій ретроградное движеніе», тогда соотвѣтствующій отрицательный терминъ c будетъ обозначать «не имѣющій ретроградняго движенія». При этомъ посылки принимаютъ слѣдующія формы:

$$A=AB \qquad (1)$$
$$B=Bc \qquad (2)$$

и посредствомъ замѣщенія B, совершенно такъ же, какъ прежде, получаемъ

$$A=ABc \qquad (3)$$

То, что въ старой логикѣ называется частнымъ заключеніемъ, можетъ быть выведено безъ всякаго существеннаго измѣненія въ символахъ. Частное количество указывается, какъ упомянуто выше (стр. 40), посредствомъ прибавленія къ термину неопредѣленнаго количественнаго мѣстоименія или прилагательнаго, какъ напримѣръ, *нѣкоторый*, *составляющій часть чего*, *извѣстный* и проч., показывающаго, что неизвѣстная часть термина входитъ въ предложеніе какъ субъектъ. Значительное сомнѣніе и двусмысленность возникаетъ вслѣдствіе вопроса, не можетъ ли въ нѣкоторыхъ случаяхъ эта часть быть цѣлымъ,—въ силлогизмѣ по крайней мѣрѣ она должна быть понимаема въ этомъ смыслѣ [2]). Теперь, если мы возьмемъ букву для выраженія этой неопредѣленной части, то намъ не будетъ надобности дѣлать измѣненія въ нашихъ формулахъ для выраженія силлогизмовъ Darii и Ferio. Возьмемъ примѣръ:

---

[1]) Объясненіе этого и другихъ техническихъ терминовъ старой логики можно найти въ Elementary Lessons in Logic. 6 ed. 1876.

[2]) Elementary Lessons in Logic, p. 67, 79.

Нѣкоторые металлы имѣютъ меньшую плотность, чѣмъ вода, (1)
Всѣ тѣла съ меньшею плотностію, чѣмъ у воды, плаваютъ на поверхности воды; поэтому (2)
Нѣкоторые металлы плаваютъ по поверхности воды. (3)

Пусть A = нѣкоторые металлы
B = тѣла съ меньшей плотностью чѣмъ вода
C = плавающій на поверхности воды;

тогда предложенія будутъ очевидно какъ и прежде

$$A = AB \qquad (1)$$
$$B = BC; \qquad (2)$$
$$\text{поэтому } A = ABC \qquad (3)$$

Такимъ образомъ силлогизмъ Darii въ сущности не разнится отъ Barbara Если угодно читателю, мы можемъ взять отдѣльный символъ для неопредѣленнаго количественнаго знака. Пусть

P = нѣкоторый
Q = металлъ,

B же и C имѣютъ такое же значеніе, какъ прежде. Тогда получаются посылки

$$PQ = PQB \qquad (1)$$
$$B = BC, \qquad (2)$$

отсюда послѣ замѣщенія, какъ прежде, имѣемъ

$$PQ = PQBC. \qquad (3)$$

Эта формула ничѣмъ не разнится отъ предыдущихъ, за исключеніемъ того, что она нѣсколько сложнѣе.

Видъ Ferio имѣетъ такой же характеръ, какъ Darii или Barbara, исключая того, что въ немъ употребляется отрицательный терминъ. Возьмемъ примѣръ,

Тѣла съ одинаковою упругостью во всѣхъ направленіяхъ не обладаютъ двойнымъ лучепреломленіемъ;

Нѣкоторые кристаллы суть тѣла съ одинаковою упругостью во всѣхъ направленіяхъ; слѣдовательно, нѣкоторые кристаллы не имѣютъ двойнаго лучепреломленія.

Дадимъ буквамъ слѣдующія значенія:

A = нѣкоторые кристаллы,
B = тѣла одинаково упругія во всѣхъ направленіяхъ,
C = имѣющій двойное лучепреломленіе,
c = неимѣющій двойнаго лучепреломленія.

Нашъ аргументъ имѣетъ такую же форму, какъ прежде, и можетъ быть выраженъ одной строчкой

$$A = AB = ABc.$$

Если угодно, мы можемъ взять PQ для неопредѣленнаго термина *нѣкоторые кристаллы*, тогда имѣемъ

$$PQ = PQB = PQBc.$$

Вся разница состоитъ только въ томъ, что отрицательный терминъ c занимаетъ мѣсто C въ видѣ Darii.

Опущеніе терминовъ въ частныхъ тожествахъ.

Читатель вѣроятно замѣтилъ, что заключенія, получаемыя нами изъ посылокъ, часто бываютъ гораздо полнѣе, чѣмъ заключенія, получаемыя посредствомъ стараго Аристотелевскаго процесса. Такъ какъ «натрій есть металлъ» и «металлы проводятъ электричество», то мы заключали (стр. 54), что «натрій = натрій, металлъ, проводящій электричество», между тѣмъ какъ старая логика просто заключала, что «натрій проводитъ электричество». Посредствомъ символовъ, изъ $A = AB$ и $B = BC$ мы получаемъ $A = ABC$, между тѣмъ какъ старая логика просто получала $A = AC$. Поэтому нужно показать, что не употребляя никакихъ другихъ принциповъ умозаключенія, кромѣ уже описанныхъ, мы можемъ вывести $A = AC$ изъ $A = ABC$, хотя изъ перваго мы не можемъ вывести послѣдняго, болѣе полнаго и точнаго результата. Мы можемъ показать это очень просто:

По первому закону мышленія очевидно, что

$$AA = AA;$$

и если мы имѣемъ данное предложеніе $A = ABC$, то мы можемъ замѣстить оба A во второй части перваго уравненія, и получимъ

$$AA = ABC . ABC.$$

Но на основаніи свойства логическихъ символовъ, выражаемаго закономъ простоты (стр. 32), нѣкоторыя изъ повторяющихся буквъ могутъ слиться, и мы имѣемъ

$$A = ABC . C.$$

Затѣмъ, замѣщая опять ABC равнозначнымъ ему A, мы получаемъ

$$A = AC,$$

т. е. желаемый результатъ.

Подобнымъ же процессомъ разсужденія можно показать, что мы всегда можемъ опустить какой нибудь терминъ, находящійся въ одномъ членѣ предложенія, съ тѣмъ только условіемъ, чтобы мы замѣстили его полнымъ другимъ членомъ. Этотъ процессъ былъ описанъ въ моемъ первомъ логическомъ опытѣ [1]), какъ *внутреннее выдѣленіе;* но, кажется, лучше будетъ назвать его *опущеніемъ терминовъ.* Онъ даетъ намъ возможность избавиться отъ ненужныхъ терминовъ посредствомъ строго замѣстительнаго процесса.

Умозаключеніе къ простому тожеству отъ двухъ частныхъ

Два термина могутъ быть соединены между собою двумя частными тожествами, но особеннымъ образомъ, и отсюда возникаетъ особый случай умозаключенія, имѣющій большую важность. Въ двухъ посылкахъ

$$A = AB \qquad (1)$$

$$B = AB \qquad (2)$$

второй членъ каждой одинъ и тотъ же; такъ что мы путемъ очевиднаго замѣщенія получаемъ

$$A = B$$

a. Такъ въ плоской геометріи мы легко доказываемъ, что «каждый равнобедренный треугольникъ есть также равноугольный треугольникъ», и также легко можемъ доказать, что «каждый равноугольный треугольникъ есть равнобедренный треугольникъ». Поэтому посредствомъ замѣщенія, какъ объяснено выше, мы переходимъ къ простому тожеству,

Равнобедренный треугольникъ = равноугольный треугольникъ.

Мы такимъ образомъ доказываемъ, что одинъ классъ треугольниковъ совершенно тожественъ съ другимъ классомъ; т. е. они различаются между собою только названіями и точками зрѣнія на нихъ.

Большая важность этого процесса умозаключенія происходитъ отъ того, что въ немъ заключеніе болѣе обще и болѣе просто, чѣмъ каждая изъ посылокъ, и содержитъ въ себѣ больше знанія, чѣмъ обѣ они, соединенныя вмѣстѣ. Вслѣдствіе этого, оно постоянно употребляется въ индуктивномъ изслѣдованіи, какъ это полнѣе будетъ объяснено ниже, и оно есть естественный способъ, которымъ мы приходимъ къ убѣжденію въ истинѣ простыхъ тожествъ, существующихъ между классами многочисленныхъ предметовъ.

---

[1]) Pure Logic, p. 19.

Умозаключеніе къ ограниченному тожеству отъ двухъ частныхъ тожествъ.

Мы разсмотрѣли нѣкоторые аргументы, которые относятся къ типу, причисленному Аристотелемъ къ первой фигурѣ силлогизма. Но существуютъ еще два другихъ типа аргумента, которые употребляютъ два частныхъ тожества Если мы имѣемъ посылки, какъ показано въ слѣдующихъ символахъ

$$B = AB \qquad (1)$$
$$B = CB, \qquad (2)$$

то можемъ замѣстить B во (2) посредствомъ (1), или же въ (1) посредствомъ (2), и тѣмъ и другимъ способомъ получаемъ заключеніе

$$AB = CB, \qquad (3)$$

т. е. предложеніе того рода, который мы назвали ограниченнымъ тожествомъ (стр. 41). Такъ напр.

Калій = калій металлъ (1)
Калій = калій способный плавать на водѣ; (2)

отсюда

Калій металлъ = калій способный плавать на водѣ. (3)

Это есть настоящій силлогизмъ вида Darapti въ третьей фигурѣ, съ тою только разницею, что мы получаемъ заключеніе болѣе точное, чѣмъ давалъ старый силлогизмъ. Изъ посылокъ «калій есть металлъ» и «калій плаваетъ на водѣ» Аристотель вывелъ бы заключеніе, что «нѣкоторые металлы плаваютъ на водѣ». Но если бы спросить, что такое «нѣкоторые металлы», то отвѣтъ навѣрное былъ бы «металлъ, который есть калій». Поэтому заключеніе Аристотеля просто оставляетъ безъ вниманія нѣсколько знанія, даваемаго посылками: оно даже даетъ поводъ толковать *нѣкоторые металлы* въ болѣе обширномъ смыслѣ, чѣмъ какой мы вправѣ придавать имъ. Отъ этихъ явственныхъ недостатковъ стараго силлогизма вполнѣ свободенъ процессъ замѣщенія, и только развѣ одно возраженіе можно сдѣлать противъ новаго процесса, что онъ до скуки обстоятеленъ и аккуратенъ.

Смѣшанныя формы дедуктивнаго умозаключенія.

Наиболѣе обыкновенныя формы дедуктивнаго умозаключенія изложены и объяснены нами на основаніи принципа замѣщенія, но остается еще нѣсколько, можетъ быть неограниченное число ихъ, которыя могутъ быть объяснены также легко. Тѣ, которыя предполагаютъ употребленіе раздѣлительныхъ предложеній, будутъ описаны въ слѣдующей главѣ, а многіе изъ силлогистическихъ видовъ, содержащихъ въ себѣ отрицательные термины, лучше можно будетъ разсмотрѣть тогда, когда мы введемъ въ наше изложеніе символическое употребленіе втораго и третьяго законовъ мышленія.

Бываетъ иногда такая цѣпь предложеній, которая допускаетъ повторенное замѣщеніе и составляетъ аргументъ, называвшійся въ старой логикѣ соритомъ. Возьмемъ напр. посылки

Желѣзо есть металлъ (1)

Металлы хорошіе проводники электричества (2)

Хорошіе проводники электричества полезны для телеграфныхъ цѣлей (3)

Изъ этого очевидно слѣдуетъ, что

Желѣзо полезно для телеграфныхъ цѣлей. (4)

Если мы теперь возьмемъ наши буквы такъ

A = желѣзо, B = металлъ, C = хорошій проводникъ электричества, D = полезный для телеграфныхъ цѣлей,

то посылки принимаютъ формы

$$A = AB \qquad (1)$$

$$B = BC \qquad (2)$$

$$C = CD \qquad (3)$$

Въ (1) мы можемъ замѣстить B его равнозначнымъ въ (2) и получимъ какъ прежде

$$A = ABC.$$

Подстановляя въ этомъ ближайшемъ результатѣ вмѣсто C его равнозначное данное въ (3), мы получаемъ полное заключеніе

$$A = ABCD. \qquad (4)$$

Полное истолкованіе выраженія таково, что желѣзо есть желѣзо, металлъ, хорошій проводникъ электричества, полезный для телеграфныхъ цѣлей; но въ обыкновенномъ языкѣ оно сокращается опущеніемъ обстоятельствъ, не имѣющихъ непосредственной важности.

Въ послѣднемъ примѣрѣ всѣ предложенія совершенно одного рода; но мы можемъ имѣть рядъ посылокъ различнаго характера; напр.

Поваренная соль есть хлористый натрій (1)

Хлористый натрій кристаллизуется въ кубической формѣ (2)

Что кристаллизуется въ кубической формѣ, то не обладаетъ способностью двойнаго лучепреломленія; (3)

изъ этого слѣдуетъ, что

Поваренная соль не обладаетъ двойнымъ лучепреломленіемъ. (4)

Принимая наши буквы термины въ слѣдующихъ значеніяхъ

A = поваренная соль,
B = хлористый натрій,
C = кристаллизующійся въ кубической формѣ;
D = обладающій двойнымъ лучепреломленіемъ,

мы можемъ выразить наши посылки въ формахъ

$$A = B, \qquad (1)$$
$$B = BC, \qquad (2)$$
$$C = Cd. \qquad (3)$$

Подстановляя (3) во (2) и затѣмъ измѣненное такимъ образомъ (2) въ (1), мы получаемъ

$$A = BCd, \qquad (4)$$

составляющее самый точный видъ обыкновеннаго заключенія.

Мы часто встрѣчаемъ ряды предложеній, описывающихъ качества или обстоятельства одной и той же вещи, и можемъ соединять ихъ всѣ въ одно предложеніе посредствомъ замѣщенія. Это тотъ случай, который Томсонъ назвалъ «непосредственнымъ умозаключеніемъ посредствомъ суммы предикатовъ» и его примѣръ лучше всего объяснитъ дѣло [1]). Онъ описываетъ мѣдь, какъ «металлъ краснаго цвѣта, непріятнаго запаха и вкуса, всѣ соединенія котораго ядовиты, который въ высшей степени ковокъ, тягучъ и вязокъ, съ удѣльнымъ вѣсомъ около 8.83». Если мы обозначимъ мѣдь буквою A, а рядъ предикатовъ слѣдующими буквами латинской азбуки, то будемъ имѣть девять отдѣльныхъ положенiй въ формѣ $A = AB$ (1), $A = AC$ (2), $A = AD$ (3).... $A = AK$ (9). Мы можемъ легко комбинировать эти предложенiя въ одно, подставляя во второй части (1) вмѣсто A его выраженiе во (2). Мы такимъ образомъ получаемъ

---

[1]) An Outline of the Necessary Laws of Thought, 5 ed. p. 161.

$$A = ABC,$$

и повторяя этотъ процессъ нѣсколько разъ, мы очевидно получаемъ одно предложенiе

$$A = ABCD\ldots K.$$

Но Томсонъ ошибался, предполагая, что мы можемъ получить такимъ образомъ *опредѣленiе* мѣди. Строго говоря, приведенное положенiе есть только *описанiе* мѣди, и всѣ обыкновенныя описанiя веществъ въ научныхъ сочиненiяхъ могутъ быть выражены въ этой формѣ. Такимъ образомъ объ органическихъ веществахъ, называемыхъ парафинами, мы можемъ утверждать, что они всѣ—предѣльные углеводороды, неспособные соединяться съ другими веществами и получающiеся при нагрѣванiи спиртовыхъ iодистыхъ радикаловъ съ цинкомъ и т. д. Мы видимъ, что никакое описанiе не можетъ равняться опредѣленiю какого-нибудь вещества.

Ошибки.

До сихъ поръ я доказывалъ, что всѣ формы умозаключенiя старой силлогистической логики и кромѣ того неограниченное число другихъ могутъ быть легко и понятно объяснены однимъ принципомъ замѣщенiя (подстановки). Теперь я хочу показать, что тотъ же принципъ можетъ предупреждать насъ отъ ошибокъ. Если только мы будемъ строго наблюдать правило замѣщенiя равнозначныхъ, то намъ невозможно будетъ сдѣлать *паралогизмъ*, т. е. нарушить какое-нибудь изъ тщательно выработанныхъ правилъ старой системы. Такимъ образомъ одно новое правило оказывается столь же дѣйствительнымъ, какъ шесть, восемь и болѣе правилъ, которыми охранялась вѣрность силлогистическаго умозаключенiя.

Напр. основное правило состояло въ томъ, что двѣ отрицательныя посылки не могутъ дать никакого заключенiя. Если мы возьмемъ предложенiя

Гранитъ не осадочная горная порода (1)
Базальтъ не осадочная горная порода, (2)

то не можемъ вывести никакого заключенія на счетъ отношенія между гранитомъ и базальтомъ. Взявши наши буквы-термины такъ

A = гранитъ, B = осадочная горная порода, C = базальтъ,

мы можемъ выразить посылки въ такой формѣ

$$A \sim B \qquad (1)$$
$$C \sim B \qquad (2)$$

Мы имѣемъ въ этой формѣ два положенія различія; но принципъ умозаключенія можетъ дѣйствовать только посредствомъ положеній согласія или тожества (р. 51). Такимъ образомъ наше правило не даетъ намъ права выводить какое бы то ни было заключеніе; и это вполнѣ согласно съ пятымъ правиломъ силлогизма.

Нужно однако припомнить, что мы утверждаемъ возможность обратить всякое отрицательное предложеніе въ положительное (стр. 44) и можетъ показаться, что такимъ образомъ можно было бы обойти старое правило на счетъ отрицательныхъ посылокъ. Попробуемъ. Посылки (1) и (2), если ихъ выразить утвердительно, принимаютъ формы

$$A = Ab \qquad (1)$$
$$C = Cb \qquad (2)$$

Читатель видитъ, что невозможно по правилу замѣщенія открыть отношеніе между A и C. Въ посылкахъ встрѣчаются три термина, именно A, b и C; но они комбинированы такъ, что ни одинъ терминъ, встрѣчающійся въ одной, не имѣетъ точнаго равнозначнаго себѣ утверждаемаго въ другой. Поэтому замѣщеніе не можетъ быть произведено, и принципъ нашего правила силлогизма оказывается вѣрнымъ. Ошибка невозможна.

Однако было бы ошибочно предполагать, что только самый фактъ нахожденія отрицательныхъ терминовъ въ обоихъ посылкахъ силлогизма дѣлаетъ его неспособнымъ давать заключеніе. Старое правило говоритъ намъ, что изъ двухъ отрицательныхъ посылокъ не можетъ быть выведено заключенія; но въ такой голой формѣ оно не всегда оказывается вѣрнымъ; и мнѣ неизвѣстно, чтобы кѣмъ нибудь дано было точное объясненіе условій, при которыхъ оно имѣетъ обязательную силу или не имѣетъ ея. Разсмотримъ слѣдующій примѣръ:

Все, что не металлично, неспособно къ сильному магнитному вліянію, (1)
Уголь не металличенъ, (2)
Слѣдовательно уголь неспособенъ къ сильному магнитному вліянію. (3)

Здѣсь мы имѣемъ двѣ явно отрицательныя посылки, (1) и (2), и однакоже они даютъ совершенно вѣрное отрицательное заключеніе (3). Силлогистическое правило въ его голой общей формѣ можетъ быть представлено ложнымъ. Въ этомъ и многихъ другихъ случаяхъ мы можемъ обратить предложенія въ утвердительныя, которыя безъ всякаго затрудненія дадутъ заключеніе посредствомъ замѣщенія.

Чтобы показать это, положимъ

A = углеродъ B = металличный
C = способный къ сильному магнитному вліянію.

Посылки принимаютъ такія формы

$$b = bc \qquad (1)$$
$$A = Ab \qquad (2)$$

и замѣщая b во (2) посредствомъ (1), мы получаемъ заключеніе

$$A = Abc. \qquad (3)$$

Нашъ принципъ умозаключенія содержитъ въ себѣ правило отрицательныхъ посылокъ всегда, когда оно вѣрно, и ясно отличаетъ случаи, когда оно оказывается и не оказывается вѣрнымъ.

Паралогизмъ, называвшійся въ старыхъ логикахъ *ошибкой нераспредѣленнаго средняго*, вполнѣ разъясняется и безошибочно указывается нашей системой. Пусть будутъ посылки

Водородъ есть элементъ (1)
Всѣ металлы суть элементы. (2)

По силлогистическимъ правиламъ средній терминъ «элементъ» здѣсь нераспредѣленъ, и не можетъ быть получено никакого заключенія; мы не можемъ сказать, металлъ ли водородъ или нѣтъ.

Представимъ термины такъ

A = водородъ,
B = элементъ,
C = металлъ.

Тогда получаются посылки

$$A = AB$$
$$C = CB.$$

Читатель и здѣсь, какъ въ прежнемъ примѣрѣ, увидитъ, что нельзя сдѣлать никакого замѣщенія. Единственный терминъ, встрѣчающійся въ обѣихъ посылкахъ, есть B, но онъ различно комбинированъ въ двухъ посылкахъ.

В мы не можемъ замѣстить посредствомъ А, которое равнозначно АВ, а не В. Точно также мы не можемъ слить СВ и АВ, которыя хотя и содержатъ общую букву В, но имѣютъ разные аггрегатные термины. Правило замѣщенія не даетъ намъ права разлагать соединенія; и если мы строго держимся правила, что два термина, которые утверждаются какъ равнозначные, мы можемъ замѣщать одинъ другимъ, то никогда не сдѣлаемъ ошибки. Очевидно, что приведенная форма посылокъ совершенно такая же какъ та, которую мы получили, превращая двѣ отрицательныя посылки въ утвердительную форму.

Старую ошибку, называвшуюся недозволеннымъ процессомъ большаго термина, гораздо легче сдѣлать и гораздо труднѣе открыть, чѣмъ всякое другое нарушеніе силлогистическихъ правилъ. Но по нашей системѣ такая ошибка едва ли возможна. Изъ посылокъ:

Всѣ планеты подлежатъ тяготѣнію (1)
Неподвижныя звѣзды не планеты (2)

мы можемъ неосторожно и ошибочно вывести заключеніе, что «неподвижныя звѣзды не подлежатъ тяготѣнію». Переведемъ посылки въ символическую форму:

А = планеты
В = неподвижныя звѣзды
С = подлежащій тяготѣнію;

тогда мы имѣемъ предложенія

$$A = AC \qquad (1)$$
$$B = Ba \qquad (2)$$

Читатель напрасно сталъ бы пытаться вывести изъ этихъ посылокъ посредствомъ правильнаго замѣщенія какое-нибудь отношеніе между В и С; и потому онъ никогда не сдѣлалъ бы ошибки, утверждая, что В есть не С.

Остаются еще два другихъ паралогизма, обыкновенно называемыхъ ошибкой четырехъ терминовъ и недозволеннымъ процессомъ меньшаго термина. Они такъ очевидно невозможны при соблюденіи правила замѣщенія равнозначныхъ, что нѣтъ надобности представлять какія-нибудь разъясненія. Если въ двухъ предложеніяхъ есть четыре различныхъ термина, какъ въ $A = B$ и $C = D$, то очевидно, что здѣсь не можетъ быть никакого замѣщенія. Что касается недозволительнаго процесса меньшаго термина, то онъ состоитъ въ явной замѣнѣ термина другимъ болѣе обширнымъ терминомъ, о которомъ неизвѣстно, равнозначенъ ли онъ съ нимъ и которымъ поэтому по нашему правилу никакъ нельзя замѣщать его.

ГЛАВА V.

РАЗДѢЛИТЕЛЬНЫЯ ПРЕДЛОЖЕНІЯ.

Въ предшествующей главѣ я изложилъ разные случаи дедуктивнаго умозаключенія посредствомъ процесса замѣщенія, избѣгая введенія раздѣлительныхъ предложеній; но мы дальше не можемъ обойтись безъ разсмотрѣнія этого болѣе сложнаго класса тожествъ. Общіе термины возникаютъ, какъ мы видѣли (стр. 24), вслѣдствіе классификаціи или умственнаго соединенія вмѣстѣ всѣхъ предметовъ, которые сходны по извѣстнымъ качествамъ; и цѣнность этого соединенія состоитъ въ томъ, что вслѣдствіе его увеличивается сила нашего знанія. Образуя такіе классы или общія понятія, мы оставляемъ безъ вниманія или отвлекаемъ пункты различія, которые существуютъ между предметами соединенными вмѣстѣ и останавливаемъ наше вниманіе только на пунктахъ сходства. Но можно сказать, что всякій процессъ мышленія имѣетъ процессъ обратный относительно его, который состоитъ въ обратномъ передѣлываніи дѣйствій прямаго процесса. Какъ дѣленіе дѣлаетъ обратное относительно умноженія, а извлеченіе корней обратное относительно возвышенія въ степени, такъ долженъ быть процессъ, который дѣлаетъ обратное относительно обобщенія или операціи образующей общія понятія. Этотъ обратный процессъ состоитъ въ различеніи отдѣльныхъ предметовъ или меньшихъ классовъ, образующихъ составныя части какого-нибудь болѣе обширнаго класса. Если мы умственно соединили извѣстные предметы видимые на небѣ и назвали ихъ планетами, то намъ нужно будетъ впослѣдствіи различать составныя части этого общаго понятія, что мы и дѣлаемъ въ раздѣлительномъ предложеніи.

Планета есть или Меркурій или Венера или Земля или... или Нептунъ. Образовавши весьма обширный классъ «позвоночныхъ животныхъ», мы можемъ выдѣлить его подчиненные классы такъ: «позвоночное животное есть или млекопитающее, птица, пресмыкающееся или рыба». И нельзя положить никакой границы числу возможныхъ альтернативъ. «Экзогеновое растеніе есть или лютикъ, макъ, крестоцвѣтъ, роза, или оно относится къ какому-нибудь одному изъ семидесяти естественныхъ порядковъ экзогеновыхъ, признаваемыхъ въ настоящее время ботаниками». Каѳедральною церковью въ Англіи должна быть церковь или въ Лондонѣ, Кентербюри, Винчестерѣ, Салисбюри, Манчестерѣ, или церковь одного изъ 24 городовъ, имѣющихъ такія церкви. И еслибы мы сдѣлали попытку обозначить подробно значеніе термина «звѣзда», то должны были бы перечислить какъ альтернативы не только многія тысячи звѣздъ внесенныхъ въ каталоги, но еще многія милліоны звѣздъ неизвѣстныхъ поименно.

Вездѣ, гдѣ мы такимъ образомъ различаемъ части общаго понятія, мы употребляемъ раздѣлительное предложеніе, хоть въ одной части котораго есть нѣсколько альтернативъ, соединенныхъ такъ-называемымъ раздѣлительнымъ союзомъ *или* (по-англійски *or* представляющее сокращенную форму *other* — другой). Между частями соединенными такимъ образомъ въ одно предложеніе должно быть какое нибудь отношеніе; мы можемъ назвать его *раздѣлительнымъ* или *альтернативнымъ* отношеніемъ, и должны изслѣдовать его природу. Это отношеніе есть отношеніе незнанія и сомнѣнія, дающаго мѣсто выбору. Вездѣ, гдѣ мы классифицируемъ или отвлекаемъ, мы допускаемъ такую неизвѣстность. Останавливая наше вниманіе на извѣстныхъ аттрибутахъ и исключая другіе, мы необходимо оставляемъ подъ сомнѣніемъ, что такое эти другіе аттрибуты. Терминъ «коренной зубъ» прямо показываетъ собою, что онъ есть часть болѣе обширнаго термина «зубъ». Но если мы встрѣчаемъ простой терминъ «зубъ», то здѣсь ничто не показываетъ намъ, какой это зубъ, рѣзецъ ли, клыкъ или коренной зубъ. Но это сомнѣніе можетъ быть разрѣшено дальнѣйшими свѣдѣніями и мы должны разсмотрѣть, какіе есть надлежащіе логическіе процессы для развитія раздѣлительныхъ предложеній въ связи съ прочими раздѣлительными или иными предложеніями.

Выраженіе раздѣлительнаго предложенія.

Для того чтобы удобно представлять раздѣлительныя предложенія, намъ нуженъ знакъ альтернативнаго отношенія, который выражалъ бы хоть одно значеніе союза *или*, столь часто употребляемаго въ обыкновенномъ языкѣ. Я предлагаю употреблять для этой цѣли символъ ·|·. Въ моемъ первомъ логическомъ опытѣ я слѣдовалъ пріему Буля и принялъ знакъ +; но этотъ знакъ можно было бы употреблять, если бы существовала точная аналогія между математическимъ сложеніемъ и логической альтернаціей. Но мы увидимъ, что аналогія между ними несовершенна, и что существуетъ такая глубокая разница между логическими и математическими терминами, что мы не можемъ соединять ихъ однимъ и тѣмъ же символомъ. Поэтому я выбралъ знакъ ·|·, который можетъ представлять какую угодно степень возможной аналогіи, не выражая ничего болѣе. Мы теперь приступимъ къ разъясненію точнаго смысла термина.

Природа альтернативнаго отношенія.

Прежде чѣмъ разсматривать раздѣлительныя предложенія, намъ необходимо рѣшить, должны ли мы считать альтернативы исключающими или неисключающими. Подъ *исключающими* альтернативами мы разумѣемъ такія, которыя не могутъ содержать однихъ и тѣхъ же вещей. Если мы говоримъ «Арки бываютъ круглы или заостренны», то это конечно нужно разумѣть такъ, что они въ одно и тоже время не могутъ быть и круглыми и заостренными. Но съ другой стороны можно найти много примѣровъ, въ которыхъ двѣ или нѣсколько альтернативъ могутъ быть вѣрны относительно одного и того же предмета. Такъ напр.

Свѣтящіяся тѣла суть или самосвѣтящіяся или свѣтящіяся вслѣдствіе отраженія.

Нѣтъ сомнѣнія, что по законамъ логики возможно, что одна и таже поверхность можетъ въ одно и тоже время издавать и свой собственный свѣтъ, и свѣтъ отраженный отъ другихъ тѣлъ. Поанглійски говорятъ о *глухихъ* или *нѣмыхъ* лицахъ, хотя извѣстно, что большинство глухихъ отъ рожденія бываютъ также нѣмы (по русски они и называются глухонѣмыми).

Не можетъ быть сомнѣнія, что въ очень многихъ случаяхъ, можетъ быть даже въ большинствѣ случаевъ, альтернативы естественно бываютъ исключающими. Всякое число несовмѣстимо съ другимъ; одинъ пунктъ времени или мѣста исключаетъ всѣ другіе. Рожеръ Беконъ *умеръ* или въ 1287 или въ 1292; конечно же онъ не могъ умереть въ оба эти года. Генрихъ Фильдингъ родился или въ Дублинѣ или въ Сомерсетширѣ; но не могъ же онъ родиться въ обоихъ этихъ мѣстахъ. Въ употребленіи исключающихъ альтернативъ такъ много точности и ясности, что мы непремѣнно должны брать ихъ всегда, если возможно. Поэтому въ старыхъ руководствахъ логики находилось правило, что membra dividentia, части дѣленія или составные виды рода должны исключать другъ друга.

Нѣтъ сомнѣнія, что вслѣдствіе большаго преобладанія и удобства исключающихъ дѣленій большинство логиковъ считало необходимымъ дѣлать каждую альтернативу въ раздѣлительномъ предложеніи исключающею всякую другую. Аквинатъ думалъ, что когда этого нѣтъ, то предложеніе *ложно*, и Кантъ раздѣлялъ такое же мнѣніе [1]). И можно было бы привести множество другихъ свидѣтельствъ въ пользу этого мнѣнія, и если бы вопросъ нужно было рѣшать по авторитету историческихъ свидѣтельствъ, то онъ конечно былъ бы рѣшенъ несогласно съ моимъ взглядомъ. Между новыми логиками Гамильтонъ, также какъ и Буль, стояли на исключающей сторонѣ. Но есть авторитеты и на противоположной сторонѣ. Уэтли, Мансель и Д. С. Милль утверждали, что мы часто можемъ считать альтернативы *совмѣстными* или истинными въ одно и тоже время. Уэтли приводитъ слѣдующій примѣръ [2]): добродѣтель можетъ пріобрѣсти намъ или уваженіе людей или благоволеніе Бога», и при этомъ прибавляетъ, «здѣсь оба члена вѣрны, и слѣдовательно утверждая одинъ, мы не имѣемъ права отрицать другой. Естественно, что въ каждомъ случаѣ мы можемъ судить по ходу рѣчи, какъ нужно понимать члены, какъ исключающіе или нѣтъ». Мансель говоритъ [3]), «можетъ случиться, что обѣ альтернативы не могутъ быть вѣрными вмѣстѣ, такъ что утвержденіе одной необходимо влечетъ за собою отрицаніе другой; но это, какъ замѣчаетъ Боэцій, есть *матеріальное*, а не *формальное* слѣдствіе». Милль также указалъ ннелѣпости, которыя могутъ произойти отъ того, если мы всегда будемъ толковать альтернативы какъ исключительныя. «Если мы утверждаемъ, говоритъ онъ [4]), что человѣкъ, поступившій извѣстнымъ образомъ въ какомъ нибудь случаѣ, долженъ быть или плутъ или дуракъ, то мы вовсе не утверждаемъ или не думаемъ утверждать, что онъ не могъ быть тѣмъ и другимъ вмѣстѣ». И еще, «для того, чтобы вполнѣ безкорыстно пользоваться деспотическою властью, человѣкъ долженъ быть или святымъ или философомъ. Ужели раздѣлительная посылка необходимо предполагаетъ или должна быть составлена предполагающею, что одно и тоже лицо не можетъ быть вмѣстѣ и святымъ и философомъ? Подобный составъ былъ бы смѣшонъ.»

Я разсматриваю этотъ предметъ такъ подробно потому, что онъ представляетъ пунктъ, отдѣляющій мою логическую систему отъ системы Буля. Въ своихъ Laws of Thought (p. 32) онъ прямо говоритъ: «строго говоря, слова

---

[1]) Мансель, Aldrich, p. 103, и Prolegomena Logica, p. 221.

[2]) Elements of Logic, B. II. ch. sec. 4.

[3]) Альдрихъ, Artis Logicae Rudimenta, p. 104.

[4]) Examination of Sir Wil. Hamilton's Philosopophy, p. 452—54.

и, или, ставящіяся между описательными терминами двухъ или больше классовъ предметовъ, предполагаютъ, что эти классы совершенно различны, такъ что ни одинъ членъ одного класса не можетъ быть членомъ другаго». Я вполнѣ оспариваю это. При обыкновенномъ употребленіи этихъ союзовъ мы не соединяемъ ими исключительно только различныхъ терминовъ; а когда соединенные такимъ образомъ термины оказываются дѣйствительно логически различными, то мы узнаемъ о томъ, что они различны при помощи *умалчиваемой посылки,* при помощи значенія ихъ названій и нашего знанія о нихъ. Еслибы наше знаніе значенія соединенныхъ словъ было недостаточно, то часто невозможно было бы рѣшить, исключаютъ ли другъ друга соединенные союзами термины или нѣтъ.

Въ изреченіи: «раскаяніе есть не единичный фактъ, но привычка или добродѣтель» нельзя находить того смысла, будто добродѣтель не есть привычка; но по опредѣленію Аристотеля въ немъ долженъ быть такой смыслъ. У Мильтона въ одной изъ его сонеттъ находится выраженіе «незапятнанный золотомъ или подкупомъ», которое очевидно имѣетъ тотъ смыслъ, что если подкупъ не всегда есть золото, то золото можетъ быть подкупомъ. У Теннисона есть выраженіе «вѣнки или гирлянды». Многіе читатели будутъ оставаться въ сомнѣніи относительно того, можетъ ли вѣнокъ быть гирляндой, или гирляда вѣнкомъ, и различныя ли это вещи или одна и таже вещь. У Дарвина въ Origin of species я нашолъ выраженіе, «когда мы видимъ какую нибудь *часть* или *органъ,* развитый въ замѣчательной *степени* или замѣчательнымъ *образомъ.*» Въ немъ *или* употреблено дважды и оба раза не въ смыслѣ исключенія. Ибо если *часть* и *органъ* и не синонимы, то во всякомъ случаѣ органъ есть часть. И очевидно, что часть можетъ развиться въ одно и тоже время и въ замѣчательной степени, и замѣчательнымъ образомъ, хотя такіе случаи могутъ быть сравнительно рѣдки.

Тщательно разбирая обыкновенныя сочиненія, можно найти, что смыслъ терминовъ, соединенныхъ *и, или,* измѣняется отъ абсолютнаго тожества до абсолютной противоположности. Логическаго условія различія вовсе не существуетъ, и если мы беремъ исключающія альтернативы, то это потому, что нашъ предметъ требуетъ того. Содержаніе, а не форма выраженія указываетъ, исключающіе ли въ немъ термины или нѣтъ [1]. На англійскомъ языкѣ въ билляхъ, полисахъ и другихъ юридическихъ документахъ иногда необходимо точно выразить, что альтернативы не исключаютъ одна другую. Тогда употребляется форма $\genfrac{}{}{0pt}{}{\text{и}}{\text{или}}$ и какъ замѣтилъ Морфи, эта форма по значенію вполнѣ соотвѣтствуетъ символу $\cdot|\cdot$.

---

[1] Pure Logic, p.76,77.

Въ первомъ изданіи этого сочиненія (v. 1, p. 81) я бралъ раздѣлительное предложеніе: «матерія есть или тверда, или жидка, или газообразна» и разсматривалъ его какъ примѣръ исключающихъ альтернативъ, замѣтивши приэтомъ, что одна и та же часть матеріи не можетъ быть въ одно и то же время твердою или жидкою, строго говоря, и еще менѣе можно предполагать, чтобы она была твердою и жидкою, или твердою, жидкою и газообразною въ одно и то же время. Но опыты Андрьюса показали, что при извѣстныхъ условіяхъ температуры и давленія нѣтъ рѣзкой разницы между жидкимъ и газообразнымъ состояніемъ. Одно и то же вещество можетъ быть въ такомъ состояніи, что его можно безразлично назвать и жидкимъ и газообразнымъ. Кромѣ того во многихъ случаяхъ переходъ отъ твердаго состоянія къ жидкому бываетъ постепенный, такъ что свойства твердости отчасти соединены съ свойствами жидкостности. Такимъ образомъ это предложеніе, вмѣсто того чтобы быть примѣромъ исключительныхъ альтернативъ, повидимому представляетъ прекрасный примѣръ противоположнаго случая. Когда возникаютъ такія сомнѣнія, то очевидно невозможно смотрѣть на альтернативы, какъ на безусловно исключающія по логической природѣ отношенія. Это просто вопросъ касающійся только содержанія предложенія.

Вопросъ этотъ, какъ мы впослѣдствіи увидимъ яснѣе, имѣетъ большую теоретическую важность, потому что онъ касается настоящаго различія между науками логическою и математическою. Основаніе числа состоитъ въ томъ, что каждая единица должна быть отлична отъ всякой другой единицы; но Буль внесъ условія числа въ логику и развилъ систему, которая хотя дала удивительные результаты, но вовсе не была системой логики.

Законы раздѣлительнаго отношенія.

Разсматривая комбинацію или синтезъ терминовъ (стр. 29), мы нашли, что приэтомъ должны быть соблюдаемы нѣкоторые законы, именно законы простоты и коммутативности (обмѣнъ мѣстами). Мы увидимъ, что и при соединеніи терминовъ раздѣлительнымъ символомъ, оказываются вѣрными такіе же или почти такіе же законы. Альтернативы каждаго члена раздѣлительнаго предложенія несомнѣнно могутъ обмѣниваться мѣстами. Какъ мы не могли найти дѣйствительнаго различія между *драгоцѣнными и рѣдкими камнями*, и *рѣдкими и драгоцѣнными камнями*, также точно мы должны считать тожественными выраженія *драгоцѣнные или рѣдкіе камни* и *рѣд-*

кіе или драгоцѣнные камни. На нашемъ символическомъ языкѣ мы можемъ сказать

$$A \cdot|\cdot B = B \cdot|\cdot A.$$

Словомъ, порядокъ положеній не имѣетъ вліянія на значеніе аггрегата альтернативъ, такъ что законъ коммутативности оказывается вѣрнымъ и относительно раздѣлительнаго символа.

Такъ какъ мы допустили возможность соединенія въ видѣ альтернативныхъ такихъ терминовъ, которые на дѣлѣ не представляютъ различія, то возникаетъ вопросъ, какимъ образомъ мы должны поступать съ двумя или болѣе альтернативами, когда ясно будетъ видно, что они одно и то же? Если мы имѣемъ положеніе, что P есть Q или R, и если затѣмъ будетъ доказано, что Q есть только другое названіе для R, то результатъ будетъ, что P есть или R или R. Какъ же мы должны истолковать такое положеніе? Какой мыслъ имѣло бы «гирлянда или вѣнокъ», если бы мы, обратившись къ лексикону, нашли, что гирлянда объясняется какъ вѣнокъ? Я считаю очевиднымъ, что смыслъ этихъ двухъ словъ былъ бы одинаковъ. Поэтому мы можемъ утверждать общій законъ

$$A \cdot|\cdot A = A.$$

Какое угодно число тождественныхъ альтернативъ можетъ быть сведено къ одной какой нибудь изъ этихъ альтернативъ, или можетъ быть логически равнозначно ей. Это и есть законъ, отличающій математическіе термины отъ логическихъ, потому что онъ очевидно не примѣняется къ первымъ. Я предлагаю назвать его *закономъ единичности*, потому что онъ необходимо долженъ заключаться во всякомъ опредѣленіи математической единицы. Этотъ законъ имѣетъ близкую аналогію съ закономъ простоты, $A\,A = A$; и природа связи между ними заслуживаетъ вниманія.

Никто изъ логиковъ, исключая Де-Моргана, не обратилъ должнаго вниманія на тѣсную связь между соединенными и раздѣлительными терминами, именно на то, что каждый раздѣлительный терминъ есть отрицаніе соотвѣтствующаго соединеннаго термина, и на оборотъ. Разсмотримъ терминъ

Ковкій плотный металлъ.

Какъ мы должны опредѣлить классъ вещей, которыя не ковко-плотные-металлы? Все, что заключается въ этомъ терминѣ, должно имѣть всѣ качества ковкости, плотности. Гдѣ недостаетъ одного или нѣсколькихъ изъ этихъ качествъ, тамъ терминъ не примѣнимъ. Поэтому отрицаніе всего термина будетъ

Не ковкій или не плотный или не металлическій.

Въ этомъ случаѣ союзъ *или* долженъ быть принимаемъ какъ неисключающій; потому что легко могутъ быть предметы, которые вмѣстѣ не ковки и не плотны и, можетъ быть, въ то же время и не металличны. Если бы въ самомъ дѣлѣ мы должны были употреблять *или* въ строго исключающемъ смыслѣ, то нужно было бы поставить семь различныхъ альтернативъ, чтобы выразить отрицаніе комбинаціи трехъ терминовъ. Отрицаніе четырехъ или пяти терминовъ состояло бы изъ 15 или 31 альтернативы. Это соображеніе одно показываетъ достаточно, что значеніе *или* въ обыкновенномъ языкѣ не всегда можетъ быть исключительнымъ.

Выражаясь символически, мы можемъ сказать, что отрицаніе

$$ABC$$

есть не-A или не-B или не-C,
т. е. $a \cdot|\cdot b \cdot|\cdot c$.
И обратно отрицаніе $P \cdot|\cdot Q \cdot|\cdot R$
есть pqr.

Каждый раздѣлительный терминъ такимъ образомъ есть отрицаніе соединеннаго термина, и на оборотъ.

Примѣните этотъ результатъ къ соединеннымъ терминамъ AAA, и его отрицаніе будетъ

$$a \cdot|\cdot a \cdot|\cdot a$$

Такъ какъ AAA по закону простоты равнозначно A, то $a \cdot|\cdot a \cdot|\cdot a$ должно быть равнозначно a и законъ единичности оказывается вѣрнымъ. Такимъ образомъ каждый законъ необходимо предполагаетъ другой.

Символическое выраженіе закона двойственности.

Мы можемъ теперь употребить нашъ символъ раздѣлительности для выраженія яснымъ и формальнымъ образомъ третьяго основнаго закона мышленія, который я назвалъ закономъ двойственности (стр. 5). Пусть A означаетъ какой нибудь классъ или предметъ или качество, а B другой классъ, предметъ или качество; мы всегда можемъ утверждать, что A или сходно съ B, или не сходно. Такъ, мы можемъ сказать

$$A = AB \cdot|\cdot Ab$$

Это есть формула, которая дальше будетъ постоянно употребляться, и она ляжетъ въ основаніе умозаключающаго мышленія.

Читатель, можетъ быть, пожелаетъ узнать, почему A поставлено въ объихъ альтернативахъ втораго члена тожества и почему законъ не выраженъ въ такой формѣ

$$A = B \cdot|\cdot b$$

Если онъ сообразитъ содержанiе предъидущаго параграфа, то увидитъ, что послѣднее выраженiе не можетъ быть вѣрнымъ и при немъ ни одинъ терминъ не могъ бы имѣть соотвѣтствующаго отрицательнаго термина. Потому что отрицанiе $B \cdot|\cdot b$ есть bB, или противорѣчащiй себѣ терминъ; значитъ еслибы A было тожественно съ $B \cdot|\cdot b$, то его отрицанiе не существовало бы. Собственно говоря, этотъ результатъ во многихъ случаяхъ былъ бы абсурдомъ и я имѣю много основанiй думать, что съ строго логической точки зрѣнiя онъ всегда былъ бы абсурдомъ. По всей вѣроятности, мы должны предположить, какъ основную логическую аксiому, что *каждый терминъ имѣетъ свое отрицанiе въ мышленiи*. Мы вовсе не можемъ мыслить, не отдѣляя того, о чемъ мы мыслимъ, отъ другихъ вещей, а этихъ вещей отъ отрицательнаго понятiя (¹). Изъ этого слѣдуетъ, что всякое предложенiе формы $A = B \cdot|\cdot b$ такъ же противорѣчитъ себѣ, какъ и предложенiе формы $A = Bb$.

Здѣсь мы находимъ умѣстнымъ резюмировать три закона мышленiя въ ихъ символической формѣ такъ

Законъ тожества $A = A$
Законъ противорѣчiя $Aa = 0$
Законъ двойственности $A = AB \cdot|\cdot Ab$

Различныя формы раздѣлительнаго предложенiя.

Раздѣлительныя предложенiя могутъ встрѣчаться въ большомъ разнообразiи формъ, на которое старыя логики не обращали достаточнаго вниманiя. Возможно какое угодно число альтернативъ, изъ которыхъ каждая можетъ быть комбинацiей какого угодно числа простыхъ терминовъ. И кромѣ того, предложенiе можетъ быть раздѣлительнымъ въ одномъ или въ обоихъ частяхъ. Предложенiе

Твердыя или жидкiя или газообразныя тѣла суть электрическiя тѣла или проводники электричества

есть примѣръ двояко раздѣлительной формы. Смыслъ такого предложенiя тотъ, что все, что подходитъ подъ одну или нѣсколько альтернативъ одной

(¹) Pure Logic, p. 65. См. также критику этого пункта у Де Моргана въ «Athenaeum», № 1892, 30 Jan., 1864, p. 155.

стороны, должно подходить подъ одну или нѣсколько альтернативъ другой стороны. Изъ сказаннаго выше ясно, что предложеніе

$$A \cdot|\cdot B = C \cdot|\cdot D$$

будетъ соотвѣтствовать предложенію

$$ab = cd,$$

каждая часть котораго есть отрицаніе части перваго предложенія.

Какъ примѣръ сложнаго раздѣлительнаго предложенія я могу привести опредѣленіе богатства, данное Сеніоромъ, которое въ краткой формѣ имѣетъ видъ такого предложенія: Богатство есть то, что можно переносить, запасъ чего ограниченъ, что доставляетъ удовольствіе или предупреждаетъ непріятности [1]).

Положимъ A = богатство
B = способный къ переносу
C = ограниченный въ запасѣ
D = доставляющій удовольствіе
E = предупреждающій непріятности.

Опредѣленіе принимаетъ такую форму

$$A = BC\,(D \cdot|\cdot E);$$

но если мы разовьемъ альтернативы методомъ, который будетъ объясненъ впослѣдствіи, то оно будетъ

$$A = BCDE \cdot|\cdot BCDe \cdot|\cdot BCdE.$$

Примѣръ еще болѣе сложнаго предложенія находится въ сочиненіяхъ Де Моргана [2]), именно такой: «Онъ должно быть былъ богатъ, и если не былъ настоящимъ сумасшедшимъ, то былъ воплощенною слабостью и подчинялся или дурнымъ совѣтамъ, или самымъ неблагопріятнымъ обстоятельствамъ».

Если мы дадимъ буквамъ алфавита такое значеніе

A = онъ
B = богатъ
C = настоящій сумасшедшій
D = воплощенная слабость
E = подчиненный дурнымъ совѣтамъ
F = подчиненный неблагопріятнымъ обстоятельствамъ,

---

[1]) Буль, Laws of Thought, p. 106. Джевонсъ, Pure Logic, p. 69.

[2]) On the Syllogism, № III, p. 12. Camb. Phil. Trans., v. X, par. I.

то предложеніе приметъ такую форму

$$A = AB\{C \cdot|\cdot D(E \cdot|\cdot F)\},$$

и если мы разовьемъ альтернативы, выражая нѣкоторые изъ различныхъ возможныхъ случаевъ, то получимъ

$$A = ABC \cdot|\cdot ABcDEF \cdot|\cdot ABcDEf \cdot|\cdot ABcDeF.$$

Эта формула представляетъ строго логическое истолкованіе всей фразы и первая альтернатива ABC можетъ быть развита въ 8 случаевъ, смотря потому, будутъ ли вставлены D, E и F или нѣтъ. Хотя наше знаніе сущности дѣла и даетъ намъ возможность заключать, что слабость характера не можетъ быть приписана настоящему сумасшедшему человѣку, однакоже это не высказано здѣсь прямо.

Умозаключеніе посредствомъ раздѣлительныхъ предложеній.

Прежде чѣмъ мы будемъ въ состояніи свободно пользоваться раздѣлительными предложеніями въ процессѣ умозаключенія, мы должны разсмотрѣть, какимъ образомъ раздѣлительные термины могутъ соединяться съ простыми терминами. Прежде всего, чтобы соединить простой терминъ съ раздѣлительнымъ, мы должны соединить его съ каждою альтернативою раздѣлительнаго термина. Растеніе, напр., есть или трава, или кустарникъ, или дерево. Поэтому экзогеновое растеніе есть или экзогеновая трава, или экзогеновый кустарникъ, или экзогеновое дерево. Въ символической формѣ этотъ процессъ комбинаціи имѣетъ слѣдующую форму

$$A(B \cdot|\cdot C) = AB \cdot|\cdot AC.$$

Во-вторыхъ, чтобы соединить между собою два раздѣлительныхъ термина, нужно соединить каждую альтернативу одного съ каждою альтернативою другого. Такъ какъ цвѣтковыя растенія бываютъ или экзогеновыя, или эндогеновыя, и въ то же самое время бываютъ или травы, или кустарники, или деревья, то изъ этого слѣдуетъ, что всего есть шесть альтернативъ,—именно: экзогеновыя травы, экзогеновые кустарники, экзогеновыя деревья, эндогеновыя травы, эндогеновые кустарники, эндогеновыя деревья. Этотъ процессъ комбинаціи выражается такъ въ общей формѣ

$$(A \cdot|\cdot B)(C \cdot|\cdot D \cdot|\cdot E) = AC \cdot|\cdot AD \cdot|\cdot AE \cdot|\cdot BC \cdot|\cdot BD \cdot|\cdot BE$$

Едва ли нужно указывать на то, что сколько бы ни было соединенныхъ терминовъ или альтернативъ въ этихъ терминахъ, мы всегда можемъ произвести комбинацію, только бы каждая альтернатива соединялась съ каждою альтернативою другихъ терминовъ, какъ въ алгебраическомъ дѣйствіи умноженія.

Изъ этого сразу могутъ быть выведены нѣкоторые процессы дедукціи. Напр., мы можемъ всегда прибавить одинаковый качественный терминъ къ обѣимъ частямъ тожества, даже еслибы одинъ или оба члена тожества были раздѣлительные. Такъ пусть

$$A = B \cdot|\cdot C.$$

Очевидно само собою, что

$$AD = AD,$$

и въ одной части этого тожества мы можемъ замѣстить A равнозначнымъ ему $B \cdot|\cdot C$ и получимъ

$$AD = BD \cdot|\cdot CD$$

Такъ какъ «газообразный элементъ есть или водородъ, или кислородъ, или азотъ, или хлоръ, или фторъ», то изъ этого слѣдуетъ, что «свободный газообразный элементъ есть или свободный водородъ, или свободный кислородъ, или свободный азотъ, или свободный хлоръ, или свободный фторъ».

Этотъ процессъ комбинаціи ведетъ къ самымъ полезнымъ умозаключеніямъ, когда качественное прилагательное, соединенное съ обѣими частями предложенія, есть отрицаніе одной или нѣсколькихъ альтернативъ. Такъ какъ хлоръ есть цвѣтной газъ, то мы можемъ заключить, что «безцвѣтный газообразный элементъ есть или (безцвѣтный) водородъ, кислородъ, азотъ или фторъ». Альтернатива хлора исчезаетъ, такъ какъ безцвѣтный хлоръ не существуетъ. Еще: если «зубъ есть или рѣзецъ, клыкъ или коренной», то изъ этого слѣдуетъ, что «не-рѣзецъ зубъ есть или клыкъ, или коренной». Общее правило таково, что отъ отрицанія какой нибудь альтернативы можно заключать къ утвержденію остальныхъ. Но этотъ результатъ ясно слѣдуетъ изъ нашего процесса замѣщенія; ибо если мы имѣемъ предложеніе

$$A = B \cdot|\cdot C \cdot|\cdot D$$

и мы подставимъ это выраженіе вмѣсто A въ одной части очевиднаго тожества

$$Ab = Ab,$$

то получимъ

$$Ab = ABb \cdot|\cdot AbC \cdot|\cdot AbD;$$

и такъ какъ первая изъ трехъ альтернативъ противорѣчитъ сама себѣ, то мы выбрасываемъ ее на основаніи закона противорѣчія; тогда остается

$$A = AbC \cdot|\cdot AbD.$$

Такимъ образомъ, наша система содержитъ въ себѣ и вполнѣ объясняетъ тотъ видъ раздѣлительнаго силлогизма, который технически назывался modus tollendo ponens (отрицая утверждающій).

Но читатель долженъ помнить, что раздѣлительный силлогизмъ ponendo tollens (утверждая отрицающій), который утверждаетъ одну альтернативу и отсюда заключаетъ къ отрицанію остальныхъ, не можетъ считаться вѣрнымъ въ нашей системѣ. Въ самомъ дѣлѣ, если я говорю, что

Вода есть или соленая, или прѣсная вода,

то, повидимому, кажется очевиднымъ, что «вода, которая солена, не прѣсна». Но это умозаключеніе собственно основывается на нашемъ знаніи того, что вода не можетъ быть въ одно и то же время соленою и прѣсною. Эта несовмѣстимость альтернативъ, какъ я достаточно показалъ, не всегда имѣетъ мѣсто. Такъ, если я говорю:

Драгоцѣнные камни суть или рѣдкіе, или красивые камни, (1)

то изъ этого, очевидно, не слѣдуетъ ни того, что

Рѣдкій камень не есть красивый камень, (2)

ни того, что

Красивый камень не есть рѣдкій камень. (3)

Только нашъ символическій методъ даетъ вѣрныя заключенія; потому что если мы возьмемъ

A = драгоцѣнный камень
B = рѣдкій камень
C = красивый камень,

то положеніе (1) приметъ форму

$$A = B \cdot|\cdot C$$

$$\text{отсюда} \quad AB = B \cdot|\cdot C$$

$$\text{и} \quad AC = BC \cdot|\cdot C;$$

но эти заключенія не равнозначны съ ложными умозаключеніями (2) и (3).

Мы можемъ легко представить раздѣлительное умозаключеніе по modus ponendo tollens, когда оно вѣрно, выражая формально несовмѣстимость альтернативъ. Такъ если мы возвратимся къ нашему примѣру

Вода есть или соленая или прѣсная,

и возьмемъ

A = Вода B = соленая C = прѣсная

тогда посылки повидимому будутъ имѣть форму

$$A = AB \cdot|\cdot AC;$$

но на самомъ дѣлѣ здѣсь есть не высказанное условіе, что «то, что солено, то не прѣсно»; изъ чего выводится по процессу умозаключенія, который будетъ описанъ впослѣдствіи, что «то, что прѣсно, то не солено». Такимъ образомъ, въ переводѣ на буквы-термины мы имѣемъ два предложенія

$$B = Bc$$
$$C = bC$$

Если мы подставимъ эти выраженія въ первоначальное предложеніе, то получимъ

$$A = ABc \cdot|\cdot AbC;$$

присоединяя B къ каждой части, мы заключаемъ

$$AB = ABc \cdot|\cdot ABbC$$

или $AB = ABc$,

т. е. Вода, которая солена, есть вода соленая и не прѣсная.

Я бы наскучилъ читателю, если бы захотѣлъ представить множество формъ, какія можетъ принимать раздѣлительное умозаключеніе; и такъ какъ въ слѣдующей главѣ мы будемъ много заниматься этимъ предметомъ, то я долженъ ограничиться здѣсь только однимъ примѣромъ. Самый обыкновенный процессъ умозаключенія состоитъ въ опредѣленіи названія вещи посредствомъ послѣдовательнаго исключенія альтернативъ,—процесса, который въ старину назывался abscissio infiniti (отрѣзываніе неопредѣленнаго или отрицательнаго). Возьмемъ случай:

Красный металлъ есть или мѣдь или золото (1)
Мѣдь растворяется въ азотной кислотѣ. (2)
Этотъ образчикъ есть красный металлъ (3)
Этотъ образчикъ не растворяется въ азотной кислотѣ (4)
Слѣдовательно этотъ образчикъ состоитъ изъ золота (5)

Возьмемъ наши буквы-термины въ слѣдующихъ значеніяхъ

A = этотъ образчикъ
B = красный металлъ
C = мѣдь
D = золото
E = растворяющійся въ азотной кислотѣ.

Предполагая, что альтернативы мѣдь или золото разумѣются какъ исключающія въ томъ видѣ, какъ это сейчасъ объяснено относительно прѣсной и соленой воды, мы можемъ дать посылкамъ такую форму

$$B = BCd \cdot|\cdot BcD \qquad (1)$$
$$C = CE \qquad (2)$$
$$A = AB \qquad (3)$$
$$A = Ae \qquad (4)$$

Замѣщая C въ (1) посредствомъ (2) мы получаемъ

$$B = BCdE \cdot|\cdot BcD$$

Изъ (3) и (4) мы можемъ также заключить

$$A = ABe$$

и если въ этомъ выраженіи мы подставимъ вмѣсто B равнозначное ему въ предыдущемъ выраженіи, то изъ этого будетъ слѣдовать, что

$$A = ABCdEe \cdot|\cdot ABcDe$$

Такъ какъ первая изъ альтернативъ противорѣчитъ сама себѣ, то общій результатъ будетъ

$$A = ABcDe,$$

который содержитъ полное описаніе «образчика», какое дается посылками, но посредствомъ опущенія просто утверждаетъ, что это золото. Нужно еще замѣтить, что въ символическомъ выраженіи (1) я выразилъ прямо то, что навѣрное подразумѣвается, именно, что мѣдь не золото и золото не мѣдь, безъ чего условія умозаключенія не были бы выполнены.

ГЛАВА VI.

НЕПРЯМОЙ МЕТОДЪ УМОЗАКЛЮЧЕНІЯ.

Разсмотрѣнныя нами доселѣ формы дедуктивнаго умозаключенія представляютъ большею частью случаи прямой дедукціи, отличные отъ тѣхъ, къ разсмотрѣнію которыхъ мы теперь переходимъ. Методъ непрямой индукціи можетъ быть охарактеризованъ такъ, что онъ показываетъ намъ, что такое данная вещь, доказывая это тѣмъ, что она не можетъ быть ничѣмъ другимъ. Мы можемъ обозначить извѣстное пространство на картѣ, или закрасивши это пространство или закрасивши все, исключая этого пространства; первый способъ есть положительный, а второй отрицательный. Разница между ними, какъ легко видѣть, совершенно такая же, какъ между прямымъ и не прямымъ способомъ доказательства въ геометріи. Эвклидъ часто доказываетъ равенство двухъ линій посредствомъ доказательства того, что они не могутъ быть неравными, и доказательство основывается на извѣстномъ числѣ альтернативъ, что она можетъ быть больше, равна, или меньше, которыя только можно себѣ представить. Въ другихъ случаяхъ, какъ напр. въ седьмомъ положеніи I книги, онъ доказываетъ, что двѣ линіи должны встрѣтиться въ опредѣленной точкѣ, тѣмъ, что они не могутъ встрѣтиться нигдѣ въ другомъ мѣстѣ.

Въ логикѣ мы всегда можемъ опредѣлить съ достовѣрностью крайнее число альтернативъ, которыя возможно представить. Законъ двойственности (стр. 6, 74) всегда даетъ намъ возможность утверждать, что какое бы то ни было качество или обстоятельство можетъ или присутствовать или отсутствовать. Каково бы ни было значеніе терминовъ A и B, но всегда несомнѣнно вѣрно, что

$$A = AB \cdot|\cdot Ab$$
$$B = AB \cdot|\cdot aB$$

Есть всеобщія умалчиваемыя посылки, которыя могутъ быть употребляемы при рѣшеніи всякой проблемы и которыя составляютъ до того неизмѣнныя и необходимыя условія всякаго мышленія, что нѣтъ надобности ставить ихъ особо. Законъ противорѣчія есть дальнѣйшее условіе всякаго мышленія и всякихъ логическихъ символовъ; онъ даетъ намъ возможность и даже обязываетъ насъ удалять отъ дальнѣйшаго разсмотрѣнія всѣ термины, которые содержатъ въ себѣ присутствіе и отсутствіе одного и того же качества. Но вездѣ, гдѣ мы прямо пускаемъ въ дѣло оба эти закона мышленія путемъ метода замѣщенія, мы употребляемъ не прямой методъ умозаключенія. Оказывается, что мы можемъ пользоваться не только тѣми аргументами прямаго метода, которые уже изложены нами, но и безчисленнымъ множествомъ другихъ аргументовъ, помимо которыхъ мы не можемъ достигнуть результата никакими другими средствами.

Нѣкоторые философы, особенно французскіе, утверждали, что не прямой методъ доказательства стоитъ ниже прямаго метода, что заставляетъ насъ прибѣгать къ нему тогда только, когда мы вынуждены къ этому. Но есть много истинъ, которыя могутъ быть доказаны только не прямо. Мы можемъ доказать, что какое-нибудь число есть первоначальное число только чисто не прямымъ методомъ, именно доказывая, что оно не принадлежитъ къ числу тѣхъ чиселъ, которыя имѣютъ дѣлителей, и замѣчательный пріемъ, извѣстный подъ именемъ Эратосѳеноваго сита, есть единственный способъ, которымъ мы можемъ найти первоначальныя числа ¹). Онъ имѣетъ большое сходство съ непрямымъ методомъ указаннымъ здѣсь. Мы можемъ доказать, что сторона и діагональ квадрата несоизмѣримы, но только отрицательнымъ или непрямымъ образомъ, доказавши, что противоположное предположеніе необходимо ведетъ къ противорѣчію ²). Многія другія доказательства въ различныхъ отрасляхъ математики ведутся такимъ же методомъ. Если же есть хотя одна важная истина, которая должна быть или же можетъ быть доказана только не прямо, то мы должны сказать, что этотъ процессъ необходимъ и достаточенъ, и вопросъ объ его сравнительномъ превосходствѣ или пользѣ не стоитъ и обсужденія. Я думаю, что на самомъ дѣлѣ почти половина нашихъ логическихъ заключеній основывается на этомъ процессѣ.

---

¹) См. Горсли, Philosophical Transactions, 1772; v. LXII, p. 327. Монтюкла, Histoire des Mathematiques, v. I, p. 239. Penny Cyclopoedia, art. «Erathosthenes».

²) Эвклидъ, кн. X, пол. 117.

Простые примѣры.

Разсматривая средства и результаты этого метода, мы начнемъ возможно простѣйшимъ примѣромъ. Возьмемъ предложеніе обыкновенной формы $A = AB$, т. е.

Металлъ есть элементъ,

и изслѣдуемъ его полное значеніе. Кто хоть немного упражнялся въ логическомъ мышленіи, тотъ знаетъ, что изъ этого предложенія мы можемъ вывести другое, повидимому, различное отъ него, именно

Не-элементъ есть не-металлъ.

Въ то время какъ нѣкоторые логики, напримѣръ Де Морганъ (¹), считали отношеніе между этими двумя предложеніями вполнѣ очевиднымъ, не нуждающимся въ анализѣ, и даже не допускающимъ его, весьма многія лица, какъ я наблюдалъ при преподаваніи логики, неспособны сразу понять тѣсную связь между ними. По моему мнѣнію, вѣрная и полная система логики должна представить ясный анализъ этого процесса, который былъ названъ *противоположительнымъ превращеніемъ*; полный процессъ таковъ:

Во-первыхъ, по закону двойственности мы знаемъ, что

Не-элементъ есть или металлъ, или не-металлъ.

Если онъ металлъ, то мы знаемъ изъ посылки, что онъ элементъ; мы такимъ образомъ должны были бы предполагать, что одна и таже вещь есть и элементъ, и не-элементъ, что противно закону противорѣчія. Поэтому, согласно съ другою альтернативой, не-элементъ долженъ быть не-металлъ.

Чтобы представить этотъ процессъ умозаключенія символически, мы возьмемъ посылки въ формѣ

$$A = AB \qquad (1)$$

Мы знаемъ, что по закону двойственности терминъ не-B выражается такъ

$$b = Ab \cdot|\cdot ab \qquad (2)$$

Вмѣсто A подставимъ въ это предложеніе его выраженіе данное въ (1) и получимъ

$$b = ABb \cdot|\cdot ab.$$

Но согласно закону противорѣчія терминъ ABb долженъ быть исключенъ изъ мысли, или

$$ABb = 0.$$

(¹) Philosophical Magazine, Decem. 1852. 4 ser. v. IV p. 435. «On indirect Demonstration».

Отсюда слѣдуетъ, что $\mathfrak{b}$ есть или ничто, или оно есть $\mathfrak{a}\mathfrak{b}$; слѣдовательно

$$\mathfrak{b} = \mathfrak{a}\mathfrak{b}.$$

Такъ какъ будетъ необходимо часто ссылаться на заключенiе этого рода, то я буду называть его, какъ это принято, *противоположительнымъ предложенiемъ* относительно первоначальнаго предложенiя. Едва ли намъ нужно предупреждать читателя замѣчанiемъ, что изъ того, что всѣ A суть B не слѣдуетъ, что всѣ не-A суть не-B. Потому что по закону двойственности мы имѣемъ

$$\mathfrak{a} = \mathfrak{a}B \cdot|\cdot \mathfrak{a}\mathfrak{b},$$

и здѣсь нѣтъ возможности сдѣлать какое-нибудь замѣщенiе посредствомъ нашей первоначальной посылки A = AB. Такимъ образомъ остается еще сомнительнымъ, есть ли не-металлъ элементъ или не-элементъ.

Представленное выше доказательство противоположительнаго предложенiя совершенно сходно съ тѣмъ, какое употребляетъ Эвклидъ въ примѣненiи къ математическимъ понятiямъ. Де Морганъ описываетъ процессъ Эвклида слѣдующимъ образомъ [1]: «Изъ того, что всякое не-B есть не-A онъ выводитъ, что всякое A есть B слѣдующимъ образомъ: если возможно, предположимъ, что A есть не-B; но каждое не-B есть не-A, такимъ образомъ A есть не-A, что нелѣпо; поэтому каждое A есть B». Де Морганъ думаетъ, что это доказательство совершенно излишне, такъ какъ обыкновенная логика дѣлаетъ умозаключенiя, не прибѣгая ни къ какимъ геометрическимъ разсужденiямъ. Однакоже я думаю, что логика дѣлаетъ умозаключенiя только посредствомъ не прямаго процесса. Де Морганъ утверждаетъ, что «мы видимъ тожество въ положенiяхъ, всякое A есть B и каждое не-B есть не-A посредствомъ процесса мысли предшествующаго силлогизму». Предшествуетъ ли онъ силлогизму или нѣтъ, но я думаю, что онъ не предшествуетъ законамъ мысли и процессу замѣстительнаго умозаключенiя, которыми онъ несомнѣнно можетъ быть доказанъ.

Употребленiе противоположительнаго предложенiя.

Мы можемъ часто употреблять противоположительную форму предложенiя посредствомъ метода замѣщенiя; и нѣкоторые виды стараго силлогизма, о которыхъ мы не упоминали доселѣ, могутъ быть удобно подведены подъ нашу систему. Возьмемъ напр. слѣдующiй силлогизмъ вида Camestres:

---

[1] Phylosophical Magazine, Dec. 1852; p. 437.

«Киты не настоящія рыбы; потому что они не дышатъ водою, между тѣмъ какъ настоящія рыбы дышатъ водою».

Возьмемъ

A = китъ
B = настоящая рыба
C = дышащій водою.

Посылки имѣютъ форму

$$A = Ac \tag{1}$$?

$$B = BC \tag{2}$$

Теперь по процессу противоположенія мы получаемъ изъ второй посылки

?, $$c = bc$$

и мы можемъ замѣстить этимъ выраженіемъ c въ (1), почему получимъ

$$A = Abc$$

или «Киты не настоящія рыбы, не дышащіе водою».

Видъ Cesare въ сущности не отличается отъ Camestres ничѣмъ, кромѣ порядка посылокъ, и онъ можетъ быть представленъ совершенно въ такомъ же видѣ.

Видъ Baroko давалъ много труда старымъ логикамъ, которые никакъ не могли *свести* его къ первой фигурѣ, какъ это сдѣлано было съ другими видами, и принуждены были придумать собственно для него и для Bokardo методъ непрямаго сведенія, очень сходнаго съ непрямымъ доказательствомъ Эвклида. Но въ нашей системѣ нѣтъ нужды давать особенное мѣсто этимъ видамъ. Возьмемъ какъ примѣръ Baroko аргументъ

Всѣ раскаленныя твердыя тѣла даютъ непрерывный спектръ (1)
Нѣкоторыя туманности не даютъ непрерывнаго спектра (2)
Слѣдовательно нѣкоторыя туманности не раскаленныя тѣла (3)

Считая слово *нѣкоторыя* неопредѣленнымъ мѣстоимѣніемъ, вродѣ прилагательнаго, и обозначая его символомъ такъ, какъ всѣ другія прилагательныя, положимъ

A = нѣкоторый
B = туманности
C = дающій непрерывный спектръ
D = раскаленныя твердыя тѣла.

Тогда посылки будутъ

$$D = DC \tag{1}$$

$$AB = ABc \tag{2}$$

Затѣмъ изъ (1) мы получаемъ посредствомъ непрямаго метода противоположительное предложеніе

$$c = cd$$

и если мы подставимъ это выраженіе вмѣсто c во (2), то будемъ имѣть

$$AB = ABcd,$$

полный смыслъ котораго тотъ, что «нѣкоторыя туманности не даютъ непрерывнаго спектра и не суть раскаленныя твердыя тѣла».

Подобнымъ же образомъ мы можемъ примѣнять противоположеніе и во многихъ другихъ случаяхъ. Возьмемъ аргументъ: «Всѣ неподвижныя звѣзды суть самосвѣтящіяся; но нѣкоторыя изъ небесныхъ тѣлъ не самосвѣтящіяся, слѣдовательно они не неподвижныя звѣзды». Возьмемъ наши термины

A = неподвижныя звѣзды
B = самосвѣтящіяся
C = нѣкоторыя
D = небесныя тѣла

и мы имѣемъ посылки

$$A = AB \qquad (1)$$

$$CD = bCD \qquad (2)$$

Теперь изъ (1) мы можемъ вывести противоположеніе

$$b = ab$$

и подстановляя это выраженіе вмѣсто b во (2), мы получаемъ

$$CD = abCD,$$

которое выражаетъ заключеніе аргумента, что нѣкоторыя небесныя тѣла не суть неподвижныя звѣзды.

Противоположеніе простаго тожества.

Читатель долженъ особенно замѣтить, что когда мы примѣняемъ процессъ непрямаго умозаключенія къ простому тожеству формы

$$A = B,$$

то мы можемъ получить дальнѣйшіе результаты. Если мы желаемъ знать, что такое терминъ не-B, то имѣемъ какъ прежде по закону двойственности

$$b = Ab \cdot|\cdot ab$$

и замѣщая A, мы получаемъ

$$b = Bb \cdot|\cdot ab = ab$$

Но мы можемъ вывести также и второе противоположеніе; потому что мы имѣемъ

$$a = aB \cdot|\cdot ab,$$

и замѣщая B его равнозначнымъ A, мы имѣемъ

$$a = aA \cdot|\cdot ab = ab.$$

Поэтому изъ одного тожества $A = B$ мы можемъ вывести два предложенія

$$a = ab$$
$$b = ab;$$

и замѣчая, что эти предложенія имѣютъ общій терминъ ab, мы можемъ сдѣлать новое замѣщеніе и получимъ

$$a = b.$$

Этотъ результатъ находится въ строгомъ согласіи съ основными принципами умозаключенія и даже можетъ возникнуть вопросъ, не есть ли это очевидный самъ по себѣ результатъ, независимый отъ процесса дедукціи, посредствомъ котораго мы дошли до него. Ибо если два класса сходны между собою, какъ A и B, то все, что вѣрно объ одномъ изъ нихъ, вѣрно и о другомъ, и что исключается изъ одного изъ нихъ, то должно быть исключено также и изъ другаго. Но такъ какъ a находится къ A совершенно въ такомъ же отношеніи, какъ b къ B, то изъ тожества одной пары слѣдуетъ тожество другой. Во всякомъ тожествѣ, равенствѣ или подобіи мы можемъ изъ отрицанія одной стороны заключать къ отрицанію другой. Такъ, при обыкновенной температурѣ

Ртуть = жидкій металлъ,

отсюда очевидно

Не-ртуть = не-жидкій металлъ;

или такъ какъ

Сиріусъ = самая блестящая неподвижная звѣзда,

то изъ этого слѣдуетъ, что всякая не самая блестящая звѣзда есть не Сиріусъ, и наоборотъ. Каждое вѣрное опредѣленіе имѣетъ форму $A = B$ и часто бываетъ нужно примѣнять его въ равнозначной отрицательной формѣ.

Для разъясненія способа употребленія этого результата возьмемъ слѣдующій аргументъ:

Гласныя суть буквы, которыя могутъ быть произнесены однѣ, (1)
Буква b не можетъ быть произнесена одна; (2)
Слѣдовательно буква b не есть гласная. (3)

Здѣсь мы имѣемъ опредѣленіе (1) и сравненіе вещи съ этимъ опредѣленіемъ (2), приводящее къ исключенію вещи изъ опредѣленнаго класса.

Возьмемъ термины

$A =$ гласная,
$B =$ буква, которая можетъ быть произнесена одна,
$C =$ буква $\mathfrak{b}$;

тогда посылки очевидно будутъ имѣть форму

$$A = B \qquad (1)$$
$$C = \mathfrak{b}C \qquad (2)$$

Затѣмъ по непрямому методу мы получаемъ изъ (1) противоположеніе

$$\mathfrak{b} = a$$

и подставляя во (2) вмѣсто $\mathfrak{b}$ равнозначное ему, мы имѣемъ

$$C = aC, \qquad (3)$$

или «буква $\mathfrak{b}$ не есть гласная».

Смѣшанные примѣры метода.

Мы можемъ употреблять не прямой методъ умозаключенія, сколько бы ни было терминовъ или посылокъ, содержащихъ эти термины. Такъ какъ употребленіе метода лучше всего можно изучить на примѣрахъ, то я возьму случай съ двумя посылками, составляющими силлогизмъ Barbara:

Желѣзо есть металлъ (1)
Металлъ есть элементъ (2)

Еслибы намъ нужно было узнать, какое возможно умозаключеніе относительно термина *желѣзо*, то мы развили бы его по закону двойственности. Желѣзо должно быть или металлъ, или не-металлъ; желѣзо, которое есть металлъ, должно быть или элементъ, или не-элементъ; и точно также желѣзо, которое есть не-металлъ, должно быть или элементомъ, или не-элементомъ. Поэтому возможны четыре альтернативы, въ числѣ которыхъ должна быть характеристика желѣза:

Желѣзо, металлъ, элементъ (α)
Желѣзо, металлъ, не-элементъ (β)
Желѣзо, не-металлъ, элементъ (γ)
Желѣзо, не-металлъ, не-элементъ (δ)

Наша первая посылка показываетъ намъ, что желѣзо есть металлъ, и если мы вставимъ это опредѣленіе въ (γ) и (δ), то будемъ имѣть комбинаціи, заключающія въ себѣ противорѣчіе. Наша вторая посылка также показываетъ намъ, что металлъ есть элементъ и, примѣняя эту характеристику къ (β), мы тоже получаемъ само-противорѣчіе, такъ что остается только (α), какъ характеристика желѣза, и наше умозаключеніе есть

Желѣзо = желѣзо, металлъ, элементъ.

Чтобы выразить этотъ процессъ умозаключенія въ общихъ символахъ, положимъ

A = желѣзо
B = металлъ
C = элементъ;

посылки проблемы принимаютъ такую форму

$$A = AB \qquad (1)$$
$$B = BC; \qquad (2)$$

по закону двойственности мы имѣемъ

$$A = AB \cdot|\cdot Ab \qquad (3)$$
$$A = AC \cdot|\cdot Ac. \qquad (4)$$

Если мы во вторую часть (3) вставимъ вмѣсто A его выраженіе въ (4), мы получимъ то, что я называю *развитіемъ A относительно B* и *C*, именно

$$A = ABC \cdot|\cdot ABc \cdot|\cdot AbC \cdot|\cdot Abc. \ (5)$$

Вездѣ, гдѣ буквы A или B стоятъ во второй части (5), подставимъ вмѣсто ихъ равнозначныя ихъ, данныя въ (1) и (2), и результаты получаются такіе

$$A = ABC \cdot|\cdot ABCc \cdot|\cdot ABbC \cdot|\cdot ABbCc.$$

Послѣднія три альтернативы нарушаютъ законъ противорѣчія, такъ что

$$A = ABC \cdot|\cdot 0 \cdot|\cdot 0 \cdot|\cdot 0 = ABC.$$

Это заключеніе ничѣмъ не отличается отъ того, которое мы могли бы получить посредствомъ прямаго процесса замѣщенія, т. е. замѣстивши въ (1) B его выраженіемъ въ (2), какъ на страницѣ 54. Характеристическая черта непрямаго процесса состоитъ въ томъ, что онъ даетъ всевозможныя логическія заключенія, какъ тѣ, которыя мы получали прежде, такъ и безчисленное множество другихъ, на которыя старая логика обращала мало или вовсе не обращала вниманія. Изъ тѣхъ же самыхъ посылокъ, напр., мы получимъ опредѣленіе класса *не-элементовъ* или c. По закону двойственности мы можемъ развить c въ четыре альтернативы

$$c = ABc \cdot|\cdot Abc \cdot|\cdot aBc \cdot|\cdot abc.$$

Если мы замѣстимъ A и B какъ прежде, то получимъ

$$c = ABCc \cdot|\cdot ABbc \cdot|\cdot aBCc \cdot|\cdot abc,$$

а за удаленіемъ терминовъ, нарушающихъ законъ противорѣчія, остается

$$c = abc,$$

или что не-элементъ есть такимъ образомъ не-желѣзо и не-металлъ. Этотъ непрямой методъ умозаключенія даетъ поэтому полное рѣшеніе такой проблемы: «дано извѣстное число логическихъ посылокъ или условій и требуется узнать характеристику какого-нибудь класса предметовъ или какого нибудь термина, которые опредѣляются этими условіями».

Ходъ процесса умозаключенія можетъ быть точно представленъ такъ:

1) По закону двойственности развить послѣдній членъ альтернативъ, которыя могутъ существовать въ характеристикѣ искомаго класса или термина, относительно терминовъ заключающихся въ посылкахъ.

2) Вмѣсто каждаго термина въ этихъ альтернативахъ подставить его характеристику, данную въ посылкахъ.

3) Выбросить всякую альтернативу, которая окажется нарушающею законъ противорѣчія.

4) Остальные термины могутъ быть поставлены въ уравненіе съ требуемымъ терминомъ и получится желаемая характеристика.

Задача Венна.

Потребность въ какомъ нибудь логическомъ методѣ, болѣе дѣйствительномъ и понятномъ, чѣмъ старая Аристотелевская логика, была поразительно доказана Венномъ въ его интересной и умной статьѣ о логикѣ Буля (1). Одинъ легкій примѣръ, первоначально составленный, какъ онъ говоритъ, при помощи моего метода, какъ онъ описанъ въ моихъ «Elementary Lessons in Logic», былъ предлагаемъ на экзаменахъ и въ классѣ 150 ученикамъ въ видѣ задачи по обыкновенной логикѣ. Она была рѣшена по большей мѣрѣ пятью шестью изъ нихъ. Потомъ она была предложена, какъ примѣръ метода Буля, небольшому классу учениковъ, которые прослушали нѣсколько лекцій о сущности этихъ символическихъ методовъ. Болѣе половины учениковъ рѣшили эту задачу.

---

(1) Mind; a Quarterly Review of Psichology and Philosophy; oct. 1876, v. 1, p. 487.

Вотъ эта задача: «Всѣ члены совѣта были или владѣльцы облигацій, или владѣльцы акцій, но не тѣ и другіе вмѣстѣ; случилось такъ, что владѣльцы облигацій всѣ были въ совѣтѣ. Какое можно вывести изъ этого заключеніе?» Это недостающее заключеніе то, что «владѣльцы акцій не были владѣльцами облигацій». А между тѣмъ, какъ говоритъ Веннъ, ничего не можетъ быть проще слѣдующаго разсужденія, когда оно указано: «Нѣтъ владѣльцевъ облигацій, которые были бы владѣльцами акцій; потому что еслибы они были, то они должны были бы быть или въ совѣтѣ, или внѣ его. Но они не въ совѣтѣ, по первому изъ данныхъ положеній; но и не внѣ совѣта, по второму положенію». И, однакоже, вслѣдствіе недостатка систематическаго метода, при разборѣ подобныхъ вопросовъ только пятеро или шестеро изъ 150 учениковъ могли удовлетворительно рѣшить такую простую задачу.

При символическомъ формулированіи задача рѣшается быстро. Возьмемъ

A = членъ совѣта
B = владѣлецъ облигацій
C = владѣлецъ акцій;

посылки очевидно будутъ

$$A = ABc \cdot|\cdot AbC$$

$$B\cancel{A} = AB.$$

Классъ C или владѣльцевъ акцій можно развить относительно A и B въ четыре альтернативы,

$$C = ABC \cdot|\cdot AbC \cdot|\cdot aBC \;|\cdot abC.$$

Замѣщая A въ первой и B въ третьей альтернативѣ, получаемъ

$$C = ABCc \cdot|\cdot ABbC \cdot|\cdot AbC \cdot|\cdot aABC \cdot|\cdot abC$$

Первая, вторая и четвертая альтернатива суть комбинаціи, заключающія въ себѣ противорѣчія, и только они; по удаленіи ихъ остаются

$$C = AbC \cdot|\cdot abC = bC,$$

требуемый отвѣтъ. Это символическое разсужденіе, мнѣ кажется, вполнѣ сходно съ разсужденіемъ Венна, и я думаю, что болѣе простымъ образомъ нельзя достигнуть результата. Веннъ прибавляетъ, что онъ могъ бы привести другіе подобные примѣры, т. е. примѣры, доказывающіе необходимость лучшаго логическаго метода.

Сокращенiе процесса.

Прежде чѣмъ обратиться къ дальнѣйшимъ разъясненiямъ употребленiя этого метода, я долженъ показать, до какой степени можно упростить его практическое употребленiе и до какой степени онъ легче нежели кажется по его описанiю. Когда намъ нужно произвести тщательное рѣшенiе логической задачи, то самое лучшее прежде всего составить полную серiю всѣхъ комбинацiй, содержащихся въ ней. Если были два термина A и B, то крайняя степень разнообразiя комбинацiй, въ которыхъ они могли бы явиться, была бы

AB	aB
Ab	ab.

Терминъ A является въ первой и второй; B въ первой и третьей; a въ третьей и въ четвертой и b во второй и четвертой. Если мы имѣемъ какую нибудь посылку, положимъ

$$A = B,$$

то должны убѣдиться, какая изъ этихъ комбинацiй стала бы противорѣчащей себѣ послѣ замѣщенiя; вторую и третью мы должны были бы выбросить, и остались бы только

AB
ab.

Отсюда мы выводимъ слѣдующiя заключенiя

$$A = AB,\ B = AB,\ a = ab,\ b = ab.$$

Точно такой же методъ нужно употреблять, когда вопросъ заключаетъ большее число терминовъ. Такъ по закону двойственности три термина A, B, C даютъ восемь возможныхъ комбинацiй

ABC	(α)	aBC	(ε)
ABc	(β)	aBc	(ζ)
AbC	(γ)	abC	(η)
Abc	(δ)	abc	(ς)

Развитiе термина A дѣлается посредствомъ первыхъ четырехъ комбинацiй; для B мы должны избрать (α), (β), (ε), (ζ); C состоитъ изъ (α), (γ), (ε), (η); b изъ (γ), (δ), (η), (ζ) и т. д.

Теперь если мы захотимъ изслѣдовать вполнѣ значенiе посылокъ

$$A = AB \qquad (1)$$
$$B = BC, \qquad (2)$$

то должны разобрать каждую изъ восьми комбинацiй, относящихся къ каждой посылкѣ; (γ) и (δ) противорѣчатъ (1) а, (β) и (ζ) противорѣчатъ (2), такъ что остаются только

ABC	(α)
aBC	(ε)
abC	(η)
abc	(ς)

Чтобы характеризовать какой нибудь терминъ подъ условіями посылокъ (1) и (2), мы должны просто выбрать надлежащія комбинаціи изъ этого списка; такъ A выражается только ABC, т. е.

$$A = ABC,$$

и точно также $c = abc$.

Для B мы имѣемъ двѣ альтернативы въ такомъ видѣ

$$B = ABC \cdot|\cdot aBC;$$

а для b мы имѣемъ

$$b = abC \cdot|\cdot abc.$$

Если мы имѣемъ задачу, заключающую четыре отдѣльныхъ термина, то намъ нужно удвоить число комбинацій и при прибавленіи каждаго новаго термина число комбинацій становится вдвое больше. Такъ

A, B	даютъ	4	комбинаціи
A, B, C	—	8	комбинацій
A, B, C, D	—	16	—
A, B, C, D, E	—	32	—
A, B, C, D, E, F	—	64	—

и такъ далѣе.

Я предлагаю называть всякую такую серію комбинацій *логическимъ алфавитомъ*. Онъ имѣетъ въ логикѣ важность, которой нельзя достаточно оцѣнить и такъ какъ мы отъ логическихъ соображеній переходимъ къ математическимъ, то очевидно, что существуетъ тѣсная связь между этими комбинаціями и основными теоремами математики. Для удобства читателя, который пожелалъ бы пользоваться *алфавитомъ* въ логическихъ вопросахъ, я напечаталъ на слѣдующей страницѣ полную серію комбинацій отъ одного до шести терминовъ. Въ самомъ началѣ въ первомъ столбцѣ помѣщена только одна буква X, которая можетъ показаться излишнею. Эта буква служитъ для обозначенія того, что всегда есть какой нибудь высшій классъ, который дѣлится. Такъ комбинація AB собственно значитъ ABX, или ту часть нѣкотораго большаго класса, положимъ X, который имѣетъ качества A и B. Въ большей части

Логическій Алфавитъ.

I.	II.	III,	IV.	V.	VI.	VI.
X	AX	AB	ABC	ABCD	ABCDE	ABCDEF
	aX	Ab	ABc	ABCd	ABCDe	ABCDEf
		aB	AbC	ABcD	ABCdE	ABCDeF
		ab	Abc	ABcd	ABCcd	ABCDef
			aBC	AbCD	ABcDE	ABCdEF
			aBc	Abcd	ABcDe	ABCdEf
			abC	aBCD	ABcdE	ABCdeF
			abc	aBCd	ABcde	ABCdef
				aBcD	AbCDE	ABcDEF
				aBcd	AbCDe	ABcDEf
				abCD	AbCdE	ABcDeF
				abCd	AbCde	ABcDef
				abcD	AbcDE	ABcdEF
				abcd	AbcDe	ABcdEf
					AbcdE	ABcdeF
					Abcde	ABcdef
					aBCDE	AbCDEF
					aBCDe	AbCDEf
					aBCdE	AbCDeF
					aBCde	AbCDef
					aBcDE	AbCdEF
					aBcDe	AbCdEf
					aBcdE	AbCdeF
					aBcde	AbCdef
					abCDE	AbcDEF
					abCDe	AbcDEf
					abCdE	AbcDeF
					abCde	AbcDef
					abc~~E~~E	AbcdEF
					abcDe	AbcdEf
					abcdE	AbcdeF
					abcde	Abcdef
						aBCDEF
						aBCDFf
						aBCDeF
						aBCDef
						aBCdEF
						aBCdEf
						aBCdeF
						aBCdef
						aBcDEF
						aBcDEf
						aBcDeF
						aBcDef
						aBcdEF
						aBcdEf
						aBcdeF
						aBcdef
						abCDEE
						abCDEf
						abCDeF
						abCDef
						abCdEE
						abCdEf
						abCdeF
						abCdef
						abcDEF
						abcDEf
						abcDeF
						abcDef
						abcdEF
						abcdEf
						abcdeF
						abcdef

таблицы буква X опущена только для краткости и ясности. Въ дальнѣйшей главѣ о комбинаціяхъ будетъ ясно, что введеніе этого единичнаго класса нужно для того, чтобы пополнить аналогію съ ариѳметическимъ треугольникомъ, описаннымъ тамъ.

Читатель долженъ помнить, что хотя логическій алфавитъ повидимому представляетъ только списокъ комбинацій, однако эти комбинаціи разсчитаны такъ, чтобы въ каждомъ случаѣ давать развитіе термина предложенія. Такъ четыре комбинаціи AB, Ab, aB, ab дѣйствительно обозначаютъ, что всякій классъ X характеризуется слѣдующимъ предложеніемъ

$$X = XAB \cdot|\cdot XAb \cdot|\cdot XaB \cdot|\cdot Xab$$

Если мы возьмемъ A, то получимъ слѣдующее предложеніе

$$AX = XAB \cdot|\cdot XAb.$$

Такимъ образомъ, какую бы группу комбинацій мы ни разсматривали, мы должны считать ее частью высшаго класса, высочайшаго рода или вселенной, которая выражается въ терминѣ символомъ X; но если помнить это, то нѣтъ надобности усложнять наши формулы введеніемъ въ нихъ повсюду этой буквы. Всякое умозаключеніе состоитъ въ переходѣ отъ однихъ положеній къ другимъ и комбинаціи термина съ нимъ же самимъ не имѣютъ значенія. Поэтому на нихъ всегда нужно смотрѣть только какъ на части предложеній.

Съ теоретической точки зрѣнія мы можемъ представить себѣ, что логическій алфавитъ простирается въ безконечность. Каждое новое качество или обстоятельство, могущее относиться къ предмету, подраздѣляетъ каждую комбинацію или классъ, такъ что число такихъ комбинацій, если оно не ограничено логическими условіями, выражается безконечно высокою степенью двухъ. Чрезвычайно быстрое возрастаніе числа подраздѣленій заставляетъ насъ ограничивать до времени наше вниманіе только немногими качествами.

Разсматривая свойства этого алфавита, я часто приходилъ къ мысли, что Пиѳагоръ понималъ глубокую логическую важность двойственности; ибо если единица была символомъ тожества и гармоніи, то онъ представлялъ число два какъ начало контраста или символъ различія, дѣленія и разъединенія. Число четыре или *тетрактисъ* онъ также считалъ однимъ изъ главныхъ элементовъ существованія, ибо оно представляло силу обобщенія, изъ которой вытекали всѣ комбинаціи. Въ одномъ изъ золотыхъ стиховъ, приписываемыхъ Пиѳагору, онъ заклинаетъ своихъ учениковъ быть добродѣтельными ¹)

---

¹) Уэвелль, History of Inductive Sciences, v. I p. 222; въ рус. перев. 364.

«Именемъ того, кто напечатлѣлъ въ умѣ *четыре*,
Четыре, источникъ безконечнаго потока природы».

Но четыре и высшія степени двухъ представляютъ въ нашей логической системѣ числа комбинацій, которыя могутъ получиться при отсутствіи логическихъ ограниченій. Послѣдователи Пиѳагора могли облечь доктрины своего учителя въ мистическія и суевѣрныя представленія, но во многихъ пунктахъ эти доктрины кажется имѣли нѣкоторое основаніе въ логической философіи.

Логическая доска.

Для того, кто понялъ важное значеніе и пользу логическаго алфавита, непрямой процессъ умозаключенія сводится къ повторенію немногихъ однообразныхъ операцій классификаціи, выбора и отбрасыванія противорѣчій. Логическая дедукція даже въ самыхъ сложныхъ вопросахъ становится дѣломъ простой рутины и единственною трудностью является только количество требуемой работы, разъ понято ясно значеніе посылокъ. Но количество работы часто требуется значительное. Уже одно писанье 64 комбинацій изъ 6 буквъ каждая есть не малая работа; и если мы имѣемъ задачу изъ пяти посылокъ, то каждую изъ 64 комбинацій нужно разсмотрѣть въ связи съ каждой посылкой. Требуемое сравненіе весьма скучно и имѣетъ значительные шансы ошибокъ.

Поэтому я много занимался тѣмъ, какъ бы уменьшить ручную и умственную работу при процессѣ и опишу нѣкоторые пріемы, которые могутъ быть употреблены для сбереженія труда и избѣжанія риска ошибокъ.

Во-первыхъ, такъ какъ одни и тѣже ряды комбинацій часто встрѣчаются въ различныхъ задачахъ, то мы можемъ избавиться отъ труда писать ихъ, имѣя готовые ряды буквъ, напечатанные на небольшихъ клочкахъ писчей бумаги. Одинъ мой корреспондентъ подалъ мысль, что если каждую серію комбинацій писать на краяхъ листа бумаги и сдѣлать прорѣзъ между каждою парою комбинацій, тогда можно завернуть внизъ каждую отдѣльную комбинацію и такимъ образомъ удалить ее изъ виду. Тогда комбинаціи сообразныя съ посылками останутся въ разорванныхъ рядахъ. Этотъ пріемъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ довольно удобенъ.

Однако болѣе удобный способъ состоитъ въ томъ, чтобы вырѣзать ряды буквъ, помѣщенные на стр. 94 на обыкновенной грифельной доскѣ такой величины, чтобы буквы могли занимать около трети пространства съ лѣвой стороны доски. Условія задачи можно писать на незанятой части доски и когда выбраны надлежащія серіи комбинацій, то противорѣчащія можно стереть губкой. Я употреблялъ доску этого рода, которую я называю логической доской, болѣе двѣнадцати лѣтъ и она сберегла мнѣ много труда. Едва ли можно примѣнить этотъ процессъ къ задачамъ, содержащимъ болѣе шести терминовъ, вслѣдствіе слишкомъ большаго числа комбинацій, которыя требуютъ разсмотрѣнія.

Отвлеченіе безразличныхъ обстоятельствъ.

Есть простой, но въ высшей степени важный процессъ умозаключенія, который даетъ намъ возможность отвлекать, выдѣлять или оставлять безъ вниманія всѣ обстоятельства, присутствіе или отсутствіе которыхъ безразлично. Такъ, еслибы я сказалъ, что «треугольникъ есть трехсторонняя прямолинейная фигура, или большая или малая», то эти двѣ альтернативы были бы излишни, потому что по закону двойственности я знаю, что всякая вещь должна быть или большою или небольшою. Прибавленіе этого качества не даетъ никакого поваго знанія, такъ какъ существованіе двухъ альтернативъ подразумѣвалось бы само собою при отсутствіи какого нибудь противоположнаго указанія. Поэтому, если двѣ альтернативы отличаются только однимъ изъ входящихъ въ ихъ составъ терминовъ, который положителенъ въ одномъ и отрицателенъ—въ другомъ, то мы можемъ свести ихъ къ одному, выкидывая ихъ безразличную часть. Собственно даже процессъ замѣщенія позволяетъ намъ дѣлать это; потому что имѣя какое нибудь предложеніе формы

$$A = ABC \cdot|\cdot ABc, \qquad (1)$$

мы знаемъ по закону двойственности, что

$$AB = ABC \cdot|\cdot ABc. \qquad (2)$$

Такъ какъ второй членъ во (2) тожественнъ со вторымъ чломомъ въ (1), то мы можемъ произвести замѣщеніе и получимъ

$$A = AB.$$

Этотъ процессъ выдѣленія безполезныхъ альтернативъ можетъ быть повторенъ нѣсколько разъ; потому что ясно, что

$$A = AB\,(CD \cdot|\cdot Cd \cdot|\cdot cD \cdot|\cdot cd)$$

сообщаетъ намъ нисколько не больше знанія, чѣмъ A есть B. Отвлеченіе безразличныхъ терминовъ есть въ сущности процессъ обратный относительно процесса развитія, описаннаго на стр. 90); и это есть одна изъ самыхъ важныхъ операцій во всей сферѣ умозаключенія.

Читатель долженъ замѣтить, что въ предложеніи

$$AC = BC$$

мы не можемъ отвлечь C и заключить, что

$$A = B;$$

но изъ

$$AC \cdot|\cdot Ac = BC \cdot|\cdot Bc$$

мы можемъ устранить всякое отношеніе къ термину C.

Однако нужно замѣтить, что альтернативы, которыя кажутся неимѣющими значенія, часто содержатъ въ себѣ важное знаніе. Такъ, если я говорю, что «треугольникъ есть трехсторонняя прямолинейная фигура съ тремя равными углами или безъ нихъ», то послѣднія альтернативы дѣйствительно выражаютъ свойство треугольниковъ, именно, что нѣкоторые треугольники имѣютъ три равныхъ угла, а другіе не имѣютъ ихъ. Если мы положимъ P = «нѣкоторый», разумѣя подъ этимъ словомъ одно или нѣсколько неопредѣленныхъ свойствъ треугольниковъ съ тремя равными углами, и возьмемъ

A = треугольникъ

B = трехсторонняя прямолинейная фигура

C = съ тремя равными углами,

тогда знаніе содержащееся въ нихъ выразится двумя предложеніями

$$PA = PBC$$

$$pA = p\,Bc.$$

Но они могутъ быть также соединены въ форму одного предложенія именно

$$A = PBC \cdot|\cdot p\,Bc;$$

но эти альтернативы не могутъ быть выдѣлены и предложеніе совершенно отлично отъ

$$A = BC \cdot|\cdot Bc.$$

Примѣры непрямаго метода.

Можно привести здѣсь множество различныхъ аргументовъ и логическихъ задачъ, чтобы показать многообъемлющій характеръ и силу непрямаго метода. Мы можемъ разбирать или одну посылку или рядъ посылокъ.

Возьмемъ прежде всего простое опредѣленіе, напр., «треугольникъ есть трехсторонняя прямолинейная фигура». Пусть

A = треугольникъ
B = трехсторонній
C = прямолинейная фигура;

тогда опредѣленіе будетъ имѣть форму

$$A = BC.$$

Если мы возьмемъ серію восьми комбинацій изъ трехъ буквъ въ логическомъ алфавитѣ (стр. 94) и выбросимъ тѣ, которыя несовмѣстимы съ опредѣленіемъ, то будемъ имѣть слѣдующій результатъ:

$$ABC$$
$$aBc$$
$$abC$$
$$abc.$$

Для характеристики класса C мы имѣемъ

$$C = ABC \cdot|\cdot abC,$$

т. е. «прямолинейная фигура или треугольникъ и трехсторонній, или не треугольникъ и не трехсторонній».

Для класса b мы имѣемъ

$$b = abC \cdot|\cdot abc.$$

Ко второй части этого выраженія мы можемъ примѣнить процессъ упрощенія посредствомъ отвлеченія описаннаго въ предъидущемъ параграфѣ; потому что по закону двойственности

$$ab = abC \cdot|\cdot abc;$$

и такъ какъ мы имѣемъ два предложенія, которыхъ вторыя части тожественны, то можемъ произвести замѣщеніе, и получимъ

$$b = ab,$$

или что не трехсторонне, то не треугольникъ (будетъ ли оно прямолинейно или нѣтъ).

Второй примѣръ.

Разберемъ по этому методу слѣдующій аргументъ:

«Обманка не есть простое тѣло; простыя тѣла суть такія, которыя неразложимы; слѣдовательно обманка разложима».

Если мы обозначимъ наши буквы такъ

$A =$ обманка
$B =$ простое тѣло
$C =$ неразложимое,

то посылки будутъ имѣть формы

$$A = Ab \qquad (1)$$

$$B = C \qquad (2)$$

Никакого непосредственнаго замѣщенія нельзя произвести; но если мы возьмемъ противоположеніе (2) (см. стр. 86), именно

$$b = c, \qquad (3)$$

то можемъ подставить его въ (1) и получимъ заключеніе

$$A = Ac.$$

Но тотъ же самый результатъ можно получить, если взять восемь комбинацій A, B, C въ логическомъ алфавитѣ; окажется, что только три комбинаціи, именно

$$Abc$$
$$aBC$$
$$abc$$

совмѣстимы съ посылками; отсюда слѣдуетъ, что

$$A = Abc,$$

или по процессу опущенія, описанному прежде (стр. 57)

$$A = Ac.$$

Третій примѣръ.

Какъ нѣсколько болѣе сложный примѣръ, я возьму аргументъ, который не можетъ быть вставленъ въ силлогистическую форму и который имѣетъ слѣдующій видъ:

«Всѣ металлы, исключая золота и серебра, непрозрачны; слѣдовательно то, что прозрачно, есть или золото или серебро или не металлъ».

Въ этомъ положеніи заключается гораздо больше чѣмъ сколько высказано прямо, такъ что полный смыслъ его таковъ:

Всѣ металлы, которые не золото или не серебро, непрозрачны (1)
Золото прозрачно, но есть металлъ (2)
Серебро прозрачно, но есть металлъ (3)
Золото не есть серебро. (4)

Обозначимъ наши буквы такъ

$A =$ металлъ $\qquad C =$ серебро

$B =$ золото $\qquad D =$ непрозрачный [1]);

тогда мы можемъ дать нашимъ посылкамъ такія формы

$$Abc = AbcD \text{ (непрозр.)} \qquad (1)$$

$$B = ABd \text{ (прозр.)} \qquad (2)$$

$$C = ACd \qquad (3)$$

$$B = Bc. \qquad (4)$$

Чтобы получить полное рѣшеніе вопроса, мы беремъ 16 комбинацій A, B, C, D, и когда вычеркнемъ тѣ, которыя несовмѣстны съ посылками, то останутся только

$$ABcd$$
$$AbCd$$
$$AbcD$$
$$abcd.$$

Выраженіе для прозрачныхъ вещей состоитъ изъ трехъ комбинацій, содержащихъ d, именно

$$d = ABcd \cdot|\cdot AbCd \cdot|\cdot abcd,$$

или

$$d = Ad\,(Bc \cdot|\cdot bC) \cdot|\cdot abcd.$$

Въ переводѣ на обыкновенный языкъ это значитъ, что прозрачно, то есть или металлъ, который есть золото, но не серебро, или же серебро и тогда не золото, или же что нибудь другое, что не металлъ, не серебро и не золото.

Четвертый примѣръ.

Хорошій примѣръ для разъясненія непрямаго метода находится въ Formal Logic (p. 123) де Моргана; посылки его въ сущности имѣютъ такой видъ:

Изъ A слѣдуетъ B, и изъ C слѣдуетъ D; но B и D несовмѣстны другъ съ другомъ; слѣдовательно, A и C несовмѣстны.

Смыслъ этого, конечно, тотъ, что гдѣ есть A, тамъ окажется B, или что каждое A есть B, и точно также каждое C есть D; но B и D не могутъ находиться вмѣстѣ. Такимъ образомъ посылки являются въ такихъ формахъ:

---

[1]) Поанглійски русское отрицательное слово *непрозрачный* выражается положительнымъ терминомъ, opaque. Поэтому у автора этомъ терминъ и выражается положительнымъ символомъ D. Русское же положительное слово *прозрачный* выражается поанглійски отрицательнымъ терминомъ not opaque и потому терминъ прозрачности обозначается отрицательнымъ символомъ d. Имѣя это въ виду, читатель не затруднится истолкованіемъ формулъ автора.

Примѣчаніе перев.

$$A=AB, \tag{1}$$

$$C=CD, \tag{2}$$

$$B=Bd. \tag{3}$$

Изслѣдуя серіи 16 комбинацій, мы находимъ, что только 5 оказываются согласными съ данными условіями, а именно:

ABcd
aBcd
abCD
abcD
abcd

Въ этихъ комбинаціяхъ A является соединеннымъ только съ c, и также точно C соединеннымъ съ a, или A несовмѣстно съ C.

Пятый примѣръ.

Болѣе сложный аргументъ, также данный де Морганомъ [1]), состоитъ изъ пяти терминовъ и имѣетъ такой видъ (только здѣсь измѣнены буквы).

> Каждое A есть только одно изъ двухъ, B или C; D же есть вмѣстѣ B и C, исключая того случая, когда B есть E, и тогда оно ни то, ни другое; слѣдовательно, ни одно A не есть D.

Значеніе этихъ посылокъ трудно истолковать, но, кажется, они могутъ быть выражены въ слѣдующихъ символическихъ формахъ:

$$A=ABc\cdot|\cdot AbC \tag{1}$$

$$De=DeBC \tag{2}$$

$$DE=DEbc. \tag{3}$$

Такъ какъ въ этихъ посылкахъ есть пять терминовъ, то нужно разобрать 32 комбинаціи ихъ; и оказывается, что 14 изъ нихъ согласны съ посылками, а именно:

ABcdE
ABcde
AbCdE
AbCde
ABCDe
aBCdE
aBCde
aBcdE
aBcde
abCdE
abCde
abcDE
abcdE
abcde

---

[1]) Formal Logic, p. 124. Какъ указалъ мнѣ К. Робертсонъ, вторая и третья посылки могутъ быть соединены въ одно предположеніе, $D=DeBC\cdot|\cdot DEbc$.

Если мы разберемъ первыя четыре комбинаціи, которыя всѣ содержатъ A, то найдемъ, что ни одна изъ нихъ не содержитъ D; или если мы возьмемъ тѣ, которыя содержатъ D, то получимъ только двѣ, а именно:

$$D = aBCDe \cdot|\cdot abcDE.$$

Отсюда ясно, что ни одно A не есть D, и на оборотъ D не есть A. Мы могли бы вывести еще многія другія заключенія изъ этихъ же посылокъ; напримѣръ:

$$DE = abcDE,$$

или D и E никогда не встрѣчаются иначе, какъ только въ отсутствіи A, B и C.

Ошибки, анализируемыя непрямымъ методомъ.

Было уже достаточно доказано, что посредствомъ непрямаго метода умозаключенія мы можемъ извлечь всю истину изъ ряда предложеній и выразить вновь въ какой угодно требуемой формѣ заключенія. Но нужно еще также доказать примѣрами, что если только мы неуклонно слѣдуемъ почти механическимъ правиламъ метода, то никогда не можемъ впасть ни въ одну изъ ошибокъ или паралогизмовъ, которыя часто случаются при обыкновенномъ разсужденіи. Возьмемъ примѣръ ошибочнаго аргумента, который мы разбирали выше по методу прямаго умозаключенія (стр. 62)

Гранитъ — не осадочная горная порода (1)
Базальтъ — не осадочная горная порода (2)

и посмотримъ, можно ли отсюда вывести какое-нибудь точное заключеніе на счетъ отношенія между гранитомъ и базальтомъ. Возьмемъ буквы

A = гранитъ
B = осадочная горная порода
C = базальтъ;

посылки будутъ такія

$$A = Ab, \qquad (1)$$
$$C = Cb. \qquad (2)$$

Изъ восьми возможныхъ комбинацій A, B, C пять согласуются съ этими условіями, именно

AbC aBc
Abc abC
abc.

Выбирая комбинаціи, которыя содержатъ A, мы получаемъ такую характеристику гранита

$$A = AbC \cdot|\cdot Abc = Ab\,(C \cdot|\cdot c),$$

т. е. гранитъ не осадочная порода и есть или базальтъ или небазальтъ. Если бы намъ нужна была характеристика базальта, то отвѣтъ имѣлъ бы подобную форму

$$C = AbC \cdot|\cdot abC = bC\,(A \cdot|\cdot a),$$

т. е. базальтъ не осадочная порода и есть или гранитъ или не-гранитъ. Такъ какъ уже совершенно очевидно, что базальтъ долженъ быть или гранитомъ или не-гранитомъ и наоборотъ, то посылки не сообщаютъ намъ ничего относительно этого пункта, т. е. методъ непрямаго умозаключенія предохраняетъ насчотъ ошибочныхъ заключеній. Этотъ примѣръ достаточно разъясняетъ какъ ошибочность отрицательныхъ посылокъ, такъ и нераспредѣленнаго средняго старой логики.

Ошибка, называемая недозволительнымъ процессомъ большаго термина, также невозможна, если слѣдовать правиламъ метода. Мы брали такой примѣръ (стр. 65)

Всѣ планеты подлежатъ тяготѣнію. (1)
Неподвижныя звѣзды не планеты. (2)

Ложное заключеніе изъ этого то, что «неподвижныя звѣзды не подлежатъ тяготѣнію». Термины таковы

A = планета,
B = неподвижная звѣзда,
C = подлежащій тяготѣнію.

А посылки будутъ такіе

$$A = AC, \qquad (1)$$
$$B = aB. \qquad (2)$$

Комбинаціи, въ которыхъ не заключается противорѣчія сравнительно съ этими посылками, остаются слѣдующія

$$\begin{array}{ll} AbC & aBc \\ aBC & abC \\ & abc \end{array}$$

Для неподвижныхъ звѣздъ мы имѣемъ выраженіе

$$B = aBC \cdot|\cdot aBc,$$

т. е. неподвижная звѣзда не планета, но можетъ подлежать или неподлежать тяготѣнію. Здѣсь мы не имѣемъ никакого заключенія на счетъ отношенія между неподвижными звѣздами и тяготѣніемъ.

Логическіе счеты.

Непрямой методъ умозаключенія описанъ достаточно полно и тщательное изслѣдованіе его силы показываетъ, что онъ можетъ давать полный анализъ и рѣшеніе каждаго вопроса, заключающаго въ себѣ только логическія отношенія. Главная трудность метода заключается въ большомъ числѣ комбинацій, которыя приходится разбирать,—что не только требуетъ страшнаго труда, но и представляетъ значительные шансы ошибокъ. Поэтому я много занимался способами облегченія этого дѣла и мнѣ удалось свести методъ почти къ механической формѣ. Было очевидно съ перваго же раза, что если бы возможныя комбинаціи логическаго алфавита для какого угодно числа буквъ, вмѣсто того, чтобы печатать ихъ въ неизмѣнномъ порядкѣ на бумагѣ или вырѣзывать на доскѣ, были написаны на легко подвижныхъ кускахъ дерева, то можно было бы придумать механическія приспособленія для выбора всякаго требуемаго класса комбинацій. Трудъ сравниванія и выбрасыванія былъ бы такимъ образомъ значительно уменьшенъ. Эта идея прежде всего была осуществлена въ логическихъ счетахъ, которыя я съ пользою употреблялъ на лекціяхъ для показыванія полнаго рѣшенія логическихъ задачъ. Подробное описаніе устройства и употребленія счетовъ вмѣстѣ съ рисунками частей уже было сдѣлано въ моемъ сочиненіи The Substitution of Similars [1]), а здѣсь я дамъ только общее описаніе.

Логическіе счеты состоятъ изъ обыкновенной классной черной доски, помѣщенной въ наклонномъ положеніи; она снабжена четырьмя горизонтальными выступами, находящимися въ равныхъ разстояніяхъ одинъ отъ другаго. Комбинаціи буквъ, находящихся въ первыхъ четырехъ столбцахъ логическаго алфавита, напечатаны крупнымъ разгонистымъ шрифтомъ, такъ чтобы каждая буква находилась на разстояніи около вершка отъ сосѣдней буквы; но буквы расположены не горизонтальными линіями, какъ на стр. 94, но одна надъ другою. Каждая комбинація буквъ наклеена отдѣльно на деревянную досчечку шириною въ дюймъ и толщиною около $^1/_8$ дюйма. Въ досчечки вбиты короткіе стальные шпеньки въ наклонномъ положеніи. Когда буква прописная, выражающая положительный терминъ, то шпенекъ помѣщается въ верхней части ея; когда же буква строчная курсивная, представляющая отрицательный терминъ, то шпенекъ помѣщается въ нижней части ея. Когда серія комбинацій расположена на выступахъ доски, тогда острый конецъ линейки можно подвести подъ шпеньки, относящіеся къ одной какой-нибудь буквѣ, положимъ, къ A, такъ что всѣ комбинаціи, обозначенныя A, могутъ быть сняты и помѣщены на особомъ выступѣ. Такимъ образомъ этимъ выражается актъ мышленія, который отдѣляетъ классъ A отъ того, что не A. Эту операцію можно повторять; изъ всѣхъ A можно подобнымъ же способомъ выбрать тѣ, которые B, и получить AB. Такимъ же способомъ мы можемъ выбрать всякіе другіе классы, напр. aB, ab, или abc.

---

[1]) p. 55—59, 81—86.

Если мы возьмемъ серію восьми комбинацій буквъ A, B, C, a, b, c и пожелаемъ анализировать аргументъ, въ старину называвшійся Barbara, имѣющій посылки

$$A = AB \qquad (1)$$

$$B = BC, \qquad (2)$$

то должны поступать слѣдующимъ образомъ. Мы поднимаемъ выше комбинаціи, обозначенныя a, оставляя всѣ A на мѣстѣ; изъ этихъ A мы переносимъ на низшій выступъ всѣ b и къ оставшимся AB присоединяемъ всѣ a, которыя были подняты. Результатъ получается тотъ, что мы раздѣлили всѣ комбинаціи на два класса, именно Ab, которыя несовмѣстны съ посылкой (1), и комбинаціи, которыя совмѣстны съ нею. Обращаясь теперь ко второй посылкѣ, мы изъ тѣхъ комбинацій, которыя совмѣстны съ (1), поднимаемъ выше всѣ b и затѣмъ опускаемъ внизъ Bc; наконецъ, мы присоединяемъ всѣ b къ BC. И мы находимъ теперь, что наши комбинаціи расположились такимъ образомъ.

A B C				*a* B C		*a* *b* C	*a* *b* *c*
	A B *c*	A *b* C	A *b* *c*		*a* B *c*		

Нижняя линія содержитъ въ себѣ всѣ комбинаціи, которыя несовмѣстны съ обоими посылками; мы механическимъ образомъ произвели то исключеніе противорѣчій, которое прежде дѣлалось на грифельной доскѣ или на бумагѣ. Поэтому изъ комбинацій, оставшихся въ верхней линіи, мы можемъ выводить всякія заключенія, которыя допускаются посылками. Если мы возьмемъ A, то находимъ только одно и оно есть C, такъ что A должно быть C. Если мы возьмемъ c, то тоже находимъ только одно, которое есть *a* и слѣдовательно b; такимъ образомъ мы доказываемъ, что не C есть не A и не B.

Когда между посылками встрѣчается раздѣлительное предложеніе, то передвиганія бываютъ гораздо сложнѣе. Возьмемъ раздѣлительный аргументъ

A есть или B или C или D,

A есть не C и не D,

Слѣдовательно A есть B.

Посылки точнымъ образомъ выражаются такъ.

$$A = AB \cdot|\cdot AC \cdot|\cdot AD \qquad (1)$$

$$A = Ac \qquad (2)$$

$$A = Ad. \qquad (3)$$

Такъ какъ здѣсь четыре термина, то мы беремъ серіи изъ 16 комбинацій и помѣщаемъ на второмъ отъ верху выступѣ доски. Затѣмъ мы поднимаемъ выше всѣ a, а изъ оставшихся A переносимъ ниже всѣ b. Но мы не выбрасываемъ всѣхъ Ab, какъ противорѣчащихъ, потому что по первой посылкѣ A можетъ быть или B или же C или D. Поэтому изъ всѣхъ Ab мы должны взять всѣ C, а также еще и D, такъ что остается для того, чтобы быть выброшеннымъ, только Abcd. Соединивши снова другія 15 комбинацій и переходя къ посылкѣ (2), мы поднимаемъ кверху всѣ *a* и отодвигаемъ внизъ всѣ AC и такимъ образомъ устраняемъ комбинаціи, несовмѣстныя съ (2); такимъ же образомъ мы устраняемъ AD, несовмѣстныя съ (3). Послѣ этого оказывается кромѣ 8 комбинацій *a*, только одна, содержащая A, именно

ABcd

откуда явствуетъ, что A должно быть B, обыкновенное заключеніе аргумента.

Въ моемъ сочиненіи Substitution of Similars (pp. 56 — 59) я описалъ, какъ рѣшить на счетахъ двѣ другія логическія задачи, которыя было бы скучно повторять здѣсь.

Логическая машина.

Хотя логическіе счеты значительно облегчаютъ трудъ употребленія непрямаго метода, однако они не устраняютъ возможности ошибокъ. Кромѣ того, мнѣ казалось, что я далъ бы осязательное доказательство общности и силы метода, если бы мнѣ удалось привести его въ чисто механическую форму. Занимавшіеся логикой уже давно привыкли говорить о логикѣ, какъ объ органѣ или орудіи и даже лордъ Беконъ, отвергавшій старую силлогистическую форму, во второмъ афоризмѣ своего «Новаго органона» настаивалъ на необходимости для ума какого-нибудь систематическаго пособія. Въ родственной наукѣ, математикѣ, механическія пособія того или другаго рода употребляются уже давно. Планетники, глобусы, часовые механизмы и другіе подобные инструменты помогаютъ вычисленіямъ и имѣютъ значительную древность. Ариѳметическіе счеты и до сихъ поръ находятся во всеобщемъ употребленіи въ Россіи и Китаѣ. Числительной машинѣ Паскаля уже болѣе двухъ столѣтій, такъ какъ она была построена въ 1642—45. Томасъ изъ Кольмара устроилъ, на основаніи принциповъ Паскаля, ариѳметическую машину, которая употребляется инженерами и всѣми, кому часто приходится умножать или дѣлить. Бебеджу и Шейцу принадлежитъ заслуга переведенія дифференціальнаго исчисленія въ машину способную вычислять самые сложные ряды цифръ. Казалось страннымъ, что механизмъ былъ примѣненъ къ болѣе сложной наукѣ о количествѣ, между тѣмъ какъ въ простой наукѣ качественнаго мышленія силлогизмъ только на фигуральномъ языкѣ называется орудіемъ. Правда, Свифтъ описывалъ въ сатирическомъ смыслѣ, что профессора Лапуты имѣли у себя мыслительную машину и въ 1851 году Альфредъ Сми дѣйствительно предложилъ устройство относительной машины и дифференціальной машины, изъ которыхъ первая была бы механическимъ словаремъ, а вторая способомъ сравнивать идеи; но за этими исключеніями я нигдѣ не встрѣчалъ даже намека на умозаключающую машину. Можно еще прибавить, что планы Сми, хотя въ высшей степени остроумные, представляются неосуществимыми и кромѣ того они не имѣютъ въ виду осуществить механизмъ логическаго умозаключенія ¹)

Логическіе счеты немедленно подали мнѣ мысль о логической машинѣ, которую послѣ двухъ неудачныхъ попытокъ мнѣ удалось устроить сравнительно въ простой и дѣйствительной формѣ. Логическая машина была подробно описана съ поясненіемъ рисунками въ Philosophical Transactions²) и здѣсь нѣтъ надобности излагать довольно сложныя движенія машины.

Общій видъ машины представленъ на рисункѣ, помѣщенномъ въ началѣ книги. Она нѣсколько походитъ на маленькое піанино или органъ, и имѣетъ клавіатуру, состоящую изъ 21 клавиша. Эти клавиши двухъ родовъ; 16 изъ нихъ представляютъ термины или буквы A, a, B, b, C, c, D, d, которыя такъ часто употребляются въ нашихъ логическихъ символическихъ обозначеніяхъ. Когда буквы встрѣчаются на лѣвой сторонѣ предложенія, прежде называвшейся субъектомъ, то каждой изъ нихъ соотвѣтствуетъ клавишъ на лѣвой половинѣ клавіатуры; но когда они встрѣчаются на правой сторонѣ предложенія, которая обыкновенно называлась предикатомъ, тогда и клавиши, соотвѣтствующіе имъ, находятся на правой половинѣ клавіатуры. Другіе пять

---

¹) См. его сочиненіе The Procces of Thought adapted to Words and Language, together with a Description of the Relational and Differential Machines, Также Philosophical Transactions, 1870, v. 106, p. 518.

²) Phil. Trans., 1870, v. 160, p. 197. Proceedings of the Royal Society v. XVIII, p. 166, Jan. 20, 1870. Nature, v. I, p. 343.

клавишей могутъ быть названы операціонными въ отличіе отъ клавишей для буквъ или терминовъ. Они служатъ для выраженія остановокъ, связки и раздѣлительныхъ союзовъ предложенія. Средній клавишъ служитъ для связки и нажимается тогда, когда стоитъ глаголъ *есть* или знакъ =. Крайній клавишъ на правой сторонѣ называется полной остановкой, потому что его нужно нажимать, когда предложеніе кончено, т. е. когда должна стоять точка. Крайній же клавишъ на лѣвой сторонѣ употребляется тогда, когда аргументъ кончился и машину нужно привести въ ея начальное положеніе; онъ называется клавишъ finis. Предпослѣдніе клавиши справа и слѣва дополняютъ всю серію и представляютъ союзъ *или* въ его неисключающемъ значеніи или употребляемый мною знакъ ·|·, смотря по тому, находится ли онъ въ правой или въ лѣвой сторонѣ предложенія. Вся клавіатура имѣетъ видъ, представленный на слѣдующемъ чертежѣ.

<table>
<tr><td rowspan="2">Finis.</td><td colspan="9">Лѣвая сторона предложенія.</td><td rowspan="2">Связка.</td><td colspan="9">Правая сторона предложенія.</td><td rowspan="2">Остановка.</td></tr>
<tr><td>·|·
Или</td><td><i>d</i></td><td>D</td><td><i>c</i></td><td>C</td><td><i>b</i></td><td>B</td><td><i>a</i></td><td>A</td><td>A</td><td><i>a</i></td><td>B</td><td><i>b</i></td><td>C</td><td><i>c</i></td><td>D</td><td><i>d</i></td><td>·|·
Или</td></tr>
</table>

Для того, чтобы машина дѣйствовала, нужно только нажимать клавиши въ томъ порядкѣ, какъ показываютъ буквы и знаки символическаго предложенія. Предполагается, что всѣ посылки аргумента приведены къ простому обозначенію, какое употреблялось на предшествующихъ страницахъ. Если дано напр. такое простое предложеніе, какъ

$$A = AB,$$

то мы нажимаемъ клавишъ A (налѣво), связку, A (направо), B (направо) и остановку.

Если будетъ вторая посылка, напр.

$$B = BC,$$

то мы такимъ же образомъ нажимаемъ клавиши —

B (налѣво), связку, B (направо), C (направо), остановка.

Процессъ работы всегда одинаковъ, каково бы ни было число посылокъ. Когда посылки кончены, тогда операторъ увидитъ на передней сторонѣ машины точныя комбинаціи буквъ, которыя совмѣстны съ посылками, согласно съ законами мысли.

Положимъ, на передней сторонѣ машины стоитъ логическій алфавитъ изъ 16 комбинацій, совершенно одинаковый съ алфавитомъ счетовъ, за исключеніемъ того, что буквы каждой комбинаціи раздѣлены извѣстнымъ промежуткомъ. Послѣ того, какъ вышеприведенная задача была продѣлана на машинѣ, логическій алфавитъ измѣнится и представитъ слѣдующій видъ:

A	A							*a*	*a*			*a*	*a*	*a*	*a*
B	B							B	B			*b*	*b*	*b*	*b*
C	C							C	C			C	C	*c*	*c*
D	*d*							D	*d*			D	*d*	D	*d*

Операторъ легко выберетъ изъ этого различныя заключенія способомъ описаннымъ на предыдущихъ страницахъ, какъ напр., что A есть всегда C что не-C есть не-B, и не-A; и не-B есть не-A, но или C или не-C. Результаты нужно читать совершенно также, какъ на логической доскѣ или на логическихъ счетахъ.

Раздѣлительныя предложенія продѣлываются на машинѣ совершенно такимъ же образомъ. Такъ, чтобы продѣлать посылки

A = AB ·|· AC
B ·|· C = BD ·|· CD,

намъ нужно только нажимать послѣдовательно клавиши

A (налѣво), связка, A (направо), B, ·|· A, C, остановка.
B (налѣво), ·|· C, связка, B (направо), D, ·|· C, D, остановка.

Послѣ этого останутся на машинѣ слѣдующія комбинаціи

ABCD aBCD abcD
ABcD aBcD abcd
AbCD abCD

Нажимая лѣвый клавишъ A, мы этимъ устраняемъ всевозможныя комбинаціи, несодержащія A, и характеристика A можетъ быть составлена изъ того, что осталось, именно, что оно всегда есть D. Клавишъ остановка возстановляетъ всѣ комбинаціи, совмѣстныя съ посылками и можетъ быть сдѣланъ всякій другой выборъ, напр. не-D, и окажется, что оно всегда будетъ не-A, не-B и не-C.

По окончаніи каждой задачи, когда уже не остается никакихъ вопросовъ чтобы ихъ предлагать машинѣ, мы нажимаемъ клавишъ finis, вслѣдствіе чего на передней сторонѣ машины являются всѣ возможныя комбинаціи алфавита. Дѣйствительно, этотъ клавишъ уничтожаетъ измѣненія, произведенныя въ машинѣ, и дѣлаетъ это тѣмъ, что возвращаетъ на ихъ обыкновенныя мѣста тѣ комбинаціи, которыя были удалены, какъ несовмѣстныя съ посылками. Необходимо, чтобы передъ началомъ всякой новой задачи видны были на машинѣ всѣ 16 комбинацій. Послѣ того, какъ подѣйствовалъ клавишъ finis, машина представляетъ умъ, одаренный способностью мышленія, но не имѣющій никакого знанія. Въ этомъ состояніи онъ не могъ бы дать никакихъ другихъ отвѣтовъ, кромѣ тѣхъ, которые состоятъ въ первичныхъ законахъ самаго мышленія. Но когда на клавишахъ продѣлано какое-нибудь предложеніе, тогда машина анализируетъ и перевариваетъ смыслъ его, и тогда она обладаетъ знаніемъ, содержащимся въ этомъ предложеніи. Поэтому она можетъ давать въ отвѣтъ какую-нибудь характеристику термина или класса, насколько она сообщается этимъ предложеніемъ согласно съ законами мысли. Машина есть такимъ образомъ воплощеніе настоящей логической системы. Комбинаціи классифицируются, выбираются или отвергаются, какъ будто бы это дѣлалъ разсуждающій умъ, такъ что на каждой стадіи задачи логическій алфавитъ въ машинѣ представляетъ надлежащее состояніе ума, свободное отъ ошибокъ. Конечно, нельзя утверждать, что машина вполнѣ замѣняетъ дѣятельность сознательнаго мышленія; требуется умственный трудъ для истолкованія значенія грамматическихъ выраженій и для правильнаго переведенія этого значенія на машину; онъ же нуженъ далѣе для составленія заключенія изъ оставшихся комбинацій. Но тѣмъ не менѣе настоящій процессъ логическаго умозаключенія дѣйствительно совершается чисто механическимъ образомъ.

Нужно замѣтить, что машина можетъ открыть всякое самопротиворѣчіе, существующее между посылками, введенными въ нее; если посылки заключаютъ въ себѣ противорѣчіе, то оказывается, что одинъ или нѣсколько буквъ-терминовъ совершенно исчезли изъ логическаго алфавита. Такъ, если мы продѣлываемъ два предложенія, A есть B, и A есть не-B, и затѣмъ станемъ искать характеристики A, то машина отказывается дать намъ ее, не представляя ни одной комбинаціи, содержащей A. Этотъ результатъ согласуется съ закономъ, который я объяснилъ, что каждый терминъ долженъ имѣть свое отрицаніе (стр. 74). Поэтому, какъ только одна изъ буквъ A, B, C, D, a, b, c, d совершенно исчезаетъ изъ алфавита, можно съ полною увѣренностью заключить, что былъ допущенъ какой-нибудь актъ самопротиворѣчія.

Нужно имѣть въ виду, что логическая машина не можетъ принять простаго тожества формы $A = B$ иначе, какъ въ двойной формѣ $A = B$ и $B = A$. Чтобъ продѣлать предложенiе $A = B$, необходимо нажать клавиши

А (налѣво), связка, В (направо), остановка;
В (налѣво), связка, А (направо), остановка.

Такая же самая операцiя необходима всегда, когда предложенiе не относится къ тому роду, который называется частнымъ тожествомъ (стр. 39). Такъ, напр., $AB = CD$, $AB = AC$, $A = B \cdot|\cdot C$, $A \cdot|\cdot B = C \cdot|\cdot D$ нужно читать для машины съ обоихъ концовъ отдѣльно.

При употребленiи машины нужно соблюдать слѣдующiя правила: 1) читать каждое предложенiе, какъ оно стоитъ, и работать соотвѣтствующими клавишами; 2) превращать предложенiе и читать и работать клавишами снова въ обратномъ порядкѣ терминовъ. Если соблюдаются эти правила, то результатъ всегда долженъ получиться. Ошибка невозможна. Но оказывается, что въ случаяхъ частныхъ тожествъ и нѣкоторыхъ другихъ подобныхъ формъ предложенiй обратное чтенiе не имѣетъ влiянiя на комбинацiи логическаго алфавита. Въ такихъ случаяхъ собственно нужно только одно чтенiе. Прiобрѣтши опытность въ употребленiи машины, операторъ, конечно, можетъ избавлять себя отъ труда втораго чтенiя, если это возможно.

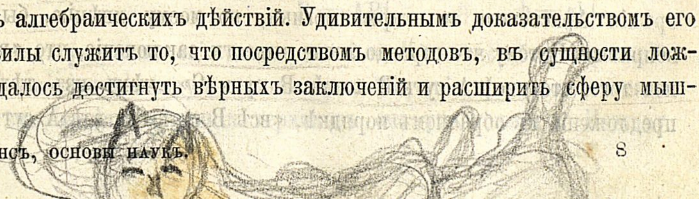
Замѣчателенъ, безъ всякаго сомнѣнiя, тотъ фактъ, что простое тожество можетъ быть вставлено въ машину не иначе, какъ въ формѣ двухъ частныхъ тожествъ и нѣкоторые логики могутъ подумать, что это говоритъ противъ выраженiя предложенiй въ формѣ равенствъ.

Прежде чѣмъ покончить съ этимъ предметомъ, я могу замѣтить, что подобные механическiе аппараты не могутъ имѣть большой практической пользы. Въ обыкновенной жизни намъ не бываетъ надобности постоянно рѣшать сложныя логическiя задачи. Даже въ математическомъ вычисленiи обыкновенныя правила ариѳметики бываютъ достаточны и счетная машина можетъ быть съ пользою употребляема только въ особенныхъ случаяхъ. Но тѣмъ не менѣе машина и счеты важны въ двухъ отношенiяхъ.

Вопервыхъ, я надѣюсь, что недалеко то время, когда преобладанiе старой Аристотелевской логики станетъ только историческимъ фактомъ и когда преподаванiе логики будетъ вестись болѣе сообразно съ ея высокимъ значенiемъ. Тогда и окажется, что разрѣшенiе логическихъ вопросовъ есть упражненiе ума, по крайней мѣрѣ столь же полезное и необходимое, какъ и математическое вычисленiе. Я думаю, что эти механическiе аппараты или же какiе-нибудь другiе въ томъ же родѣ будутъ полезнымъ пособiемъ, которое дастъ возможность показать цѣлому классу учениковъ ясный и наглядный анализъ логическихъ задачъ какой угодно степени сложности, причемъ каждый шагъ будетъ видѣнъ для глазъ учениковъ. Я часто употреблялъ для этой цѣли машину или счеты на классныхъ урокахъ, когда былъ профессоромъ логики въ коллегіи Овена.

Вовторыхъ, болѣе непосредственная важность машины состоитъ въ томъ, что она представляетъ неоспоримое доказательство того, что теперь выработаны вѣрные взгляды на основные принципы умозаключенія, между тѣмъ какъ они были неизвѣстны Аристотелю и его послѣдователямъ. Наступитъ время, когда будутъ признаны и оцѣнены по достоинству неизбѣжные результаты удивительныхъ изслѣдованій покойнаго Буля, и я надѣюсь, что ясная и осязательная форма, въ которой представляетъ эти результаты моя машина, ускоритъ наступленіе этого времени. Несомнѣнно, что труды Буля составляютъ эпоху въ наукѣ о человѣческомъ мышленіи. Можетъ казаться страннымъ, что ему первому суждено было выставить во всемъ ея объемѣ задачу логики, но насколько мнѣ извѣстно, до него никто не смотрѣлъ на логику, какъ на символическій методъ для развитія изъ данныхъ посылокъ характеристики всякаго класса, опредѣляемаго этими посылками. Несмотря на многія ошибки, сдѣланныя Булемъ, нельзя не признать, что онъ открылъ настоящую и общую форму логики и сообщилъ ей въ существенныхъ чертахъ ту форму, которую она должна удержать навсегда. Онъ такимъ образомъ совершилъ реформу, съ которою едвали можетъ сравниться что-нибудь сдѣланное въ логикѣ отъ далекихъ временъ Аристотеля и до настоящаго времени.

Но тѣмъ не менѣе quasi-математическая система Буля едва ли можетъ считаться окончательнымъ и исключительнымъ рѣшеніемъ проблемы. Его методъ не только требуетъ запутанныхъ и сложныхъ операцій съ математическими символами, но и даваемые имъ результаты лишены доказательной силы, потому что они получены посредствомъ употребленія непонятныхъ символовъ, пріобрѣтающихъ значеніе только посредствомъ аналогіи. Я уже указалъ на то, что онъ внесъ въ свою систему условіе относительно исключающаго свойства альтернативъ (стр. 70), что не всегда вѣрно относительно логическихъ терминовъ. Я покажу въ слѣдующей главѣ, что логика есть дѣйствительно основаніе всей науки математическаго мышленія, такъ что Буль извратилъ настоящій порядокъ доказательства, когда предложилъ выводить логическія истины посредствомъ алгебраическихъ дѣйствій. Удивительнымъ доказательствомъ его умственной силы служитъ то, что посредствомъ методовъ, въ сущности ложныхъ, ему удалось достигнуть вѣрныхъ заключеній и расширить сферу мышленія.



Возможность произвести логическое умозаключеніе механически представляетъ доказательство какъ вѣрности результатовъ Буля, такъ и ошибочности способовъ, которыми онъ вывелъ ихъ. Заключенія, которыя онъ могъ получить только посредствомъ нѣсколькихъ страницъ запутанныхъ вычисленій, даются машиной послѣ нѣсколькихъ минутъ манипуляціи. И эти заключенія не только получаются легче, но имѣютъ доказательную вѣрность, такъ какъ каждый шагъ процесса не содержитъ въ себѣ ничего другого, болѣе темнаго, кромѣ трехъ основныхъ законовъ мысли.

Порядокъ посылокъ.

Прежде чѣмъ разстаться съ предметомъ дедуктивнаго умозаключенія, я могу сдѣлать замѣчаніе, что порядокъ, въ которомъ располагаются посылки аргумента, есть дѣло логически безразличное. Въ разныя времена много было споровъ относительно распредѣленія посылокъ силлогизма; и общепринятое мнѣніе, согласно съ мнѣніемъ Аристотеля, состояло въ томъ, что такъ называемая большая посылка, содержащая большій терминъ, или предикатъ заключенія, должна стоять первою. Но въ нашей системѣ это различіе падаетъ само собою, такъ какъ предложеніе сводится къ формѣ тожества, въ которой нѣтъ различія между субъектомъ и предикатомъ. Съ строго логической точки зрѣнія порядокъ положеній рѣшительно не имѣетъ никакого значенія. Посылки имѣютъ одновременное существованіе и относятся другъ къ другу внѣ всякихъ условій пространства и времени. Какъ качества одного и того же предмета существуютъ въ природѣ ни прежде, ни послѣ другъ друга (стр. 33), и мы только мыслимъ объ нихъ въ томъ или другомъ порядкѣ вслѣдствіе ограниченности ума, такъ и посылки аргумента существуютъ ни прежде и ни послѣ другъ друга и мы только мыслимъ объ нихъ послѣдовательно, потому что умъ не можетъ вдругъ обнять нѣсколькихъ идей. Комбинаціи логическаго алфавита всегда одинаковы, въ какомъ бы порядкѣ посылки ни размѣщались на логической доскѣ или на машинѣ. Конечно, нѣкоторая разница существуетъ относительно удобства для человѣческой памяти. Умъ легче можетъ схватить результаты аргумента при одномъ порядкѣ положеній, чѣмъ при другомъ, хотя въ логическихъ результатахъ нѣтъ существенной разницы. Но и съ этой точки зрѣнія Аристотель и старые логики, по моему мнѣнію, были совершенно неправы. Потому что гораздо легче вывести заключеніе, что «всѣ А суть С» изъ того, что «всѣ А суть В и всѣ В суть С», чѣмъ изъ тѣхъ же самыхъ предложеній въ обратномъ порядкѣ, «всѣ В суть С и всѣ А суть В».

Равнозначность предложеній.

Одно изъ большихъ преимуществъ, вытекающихъ изъ изученія этого непрямаго метода умозаключенія, состоитъ въ ясномъ понятіи, какое мы получаемъ объ равнозначности предложеній. Старые логики показывали, какъ изъ извѣстныхъ простыхъ посылокъ мы можемъ вывести умозаключеніе, но они не умѣли приэтомъ показать, содержитъ ли это заключеніе все или только часть знанія, содержащагося въ посылкахъ. Всякое предложеніе или группа предложеній можетъ быть названо относительно другаго предложенія или группы предложеній

1) Равнозначнымъ,
2) Выводнымъ,
3) Совмѣстнымъ,
4) Противорѣчащимъ.

Возьмемъ, какъ первоначальное предложеніе, «всѣ люди смертны»; тогда «всѣ безсмертные не люди» есть равнозначное съ нимъ; «нѣкоторые смертные суть люди» есть выводное или способное быть выведеннымъ, но не равнозначное; «всѣ не люди суть безсмертны» не можетъ быть выводнымъ, но оно совмѣстно съ нимъ, т. е. можетъ быть вѣрнымъ; «всѣ люди безсмертны» есть очевидно противорѣчащее.

Достаточнымъ свидѣтельствомъ равнозначности есть способность къ взаимной выводимости. Такъ изъ

Всѣ электрическія тѣла = суть всѣ не-проводники

я могу вывести

Всѣ не-электрическія тѣла = всѣ проводники,

и наоборотъ, отъ послѣдняго я могу перейдти къ первому. Кратко сказать $A = B$ равнозначно $a = b$. Кромѣ того, изъ соединенія двухъ предположеній, $A = AB$ и $B = AB$, я получаю $A = B$; отъ послѣдняго я могу также легко вывести два первыя, съ которыхъ я началъ. Въ этомъ случаѣ одно предложеніе равнозначно двумъ другимъ. Существуетъ не менѣе четырехъ способовъ, которыми мы можемъ выражать тожество двухъ классовъ А и В

Первый способъ.	Второй способъ.	Третій способъ.	Четвертый способъ.
$A = B$	$a = b$	$\left.\begin{matrix}A = AB\\ B = AB\end{matrix}\right\}$	$\left.\begin{matrix}a = ab\\ b = ab\end{matrix}\right\}$

Непрямой методъ умозаключенія даетъ намъ ясный и всеобщій критерій для опредѣленія отношеній между предложеніями. Значеніе предложенія всегда опредѣляется тѣмъ, какія комбинаціи терминовъ оно уничтожаетъ. Поэтому два предложенія бываютъ равнозначны тогда, когда удаляютъ изъ логическаго алфавита одни и тѣ же комбинаціи, ни больше ни меньше. Предложеніе бываетъ выводнымъ, но не равнозначнымъ относительно другаго, когда оно устраняетъ нѣкоторыя, но не всѣ тѣ комбинаціи, которыя устраняетъ другое, и не устраняетъ никакихъ другихъ, кромѣ устраняемыхъ другимъ. Далѣе, предложенія бываютъ совмѣстными, когда они дозволяютъ каждому термину и отрицанію каждаго термина оставаться гдѣ-нибудь въ логическомъ алфавитѣ. Если послѣ того, какъ всѣ комбинаціи, не совмѣстныя съ двумя предложеніями, устранены, всетаки остается еще каждая изъ буквъ A, a, B, b, C, c, D, d, которыя были прежде, тогда, значитъ, между предложеніями нѣтъ несовмѣстности, хотя они не могутъ быть ни равнозначными, ни даже выводными. Наконецъ, противорѣчащія предложенія суть тѣ, которыя, будучи взяты вмѣстѣ, устраняютъ одинъ или нѣсколько буквъ-терминовъ изъ логическаго алфавита.

Сказанное относительно отдѣльныхъ предложеній примѣняется также къ группамъ предложеній, какъ бы они ни были велики или сложны, т. е. одна группа можетъ быть относительно другой равнозначною, выводною, совмѣстною или противорѣчащею, и подобнымъ же образомъ мы можемъ сравнивать одно предложеніе съ группою предложеній.

Для подробнаго разъясненія всѣхъ четырехъ родовъ отношенія потребовалось бы слишкомъ много мѣста; такъ какъ приведенные въ прежнихъ параграфахъ и главахъ примѣры могутъ болѣе или менѣе служить для объясненій отношеній выводимости, совмѣстности и противорѣчія, то я приведу здѣсь только немного примѣровъ равнозначныхъ предложеній или группъ.

Въ нижеслѣдующемъ спискѣ каждое предложеніе или группа предложеній вполнѣ равнозначны по смыслу съ соотвѣтствующимъ предложеніемъ или группою въ другомъ столбцѣ, и вѣрность этого положенія можетъ быть доказана составленіемъ комбинацій алфавита, которыя оказываются совершенно одинаковыми для каждой пары равнозначныхъ предложеній или группъ.

$A = Ab$ . . . . $B = aB$

$A = b$ . . . . $a = B$

$A = BC$ . . . . $a = b \cdot|\cdot c$

$A = AB \cdot|\cdot AC$ . . . . $b = ab \cdot|\cdot AbC$

$A \cdot|\cdot B = C \cdot|\cdot D$ . . . . $ab = cd$

$A \cdot|\cdot c = B \cdot|\cdot d$ . . . . $aC = bD$

$$A = ABc \cdot|\cdot AbC \;.\;.\;.\;.\;.\;. \left\{\begin{array}{l} A = AB \cdot|\cdot AC \\ AB = ABc \end{array}\right.$$

$$\left.\begin{array}{l}A=B\\B=C\end{array}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\left\{\begin{array}{l}A=B\\A=C\end{array}\right.$$

$$\left.\begin{array}{l}A=AB\\B=BC\end{array}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\left\{\begin{array}{l}A=AC\\B=A\cdot|\cdot aBC\end{array}\right.$$

Хотя въ этихъ и многихъ другихъ случаяхъ могутъ быть легко даны равнозначныя для извѣстныхъ предложеній, однако нѣтъ, мнѣ кажется, однообразнаго и неоспоримаго процесса, посредствомъ котораго можно было бы убѣдиться въ совершенной эквивалентности полученныхъ комбинацій съ посылками. Обыкновенное дедуктивное умозаключеніе большею частью даетъ намъ только часть знанія, содержащагося въ посылкахъ. Конечно, можно всегда комбинаціи, совмѣстныя съ рядомъ посылокъ, перевести въ другую форму предложенія, которое должно быть логически равнозначно съ этими посылками; но трудность состоитъ въ нахожденіи другихъ формъ предложеній, которыя были бы равнозначны съ посылками. Дѣло это совершенно отлично отъ всего того, что мы пробовали до сихъ поръ. Въ сущности это обратный процессъ и онъ столь же затруднителенъ и невѣренъ сравнительно съ прямымъ процессомъ, какъ исканіе сравнительно съ прятаніемъ. Не только могутъ быть одинаково примѣнимы многіе различные отвѣты, но еще нѣтъ и метода находить какой-нибудь изъ этихъ отвѣтовъ иначе, какъ только посредствомъ повторяемыхъ пробъ. Проблема, съ которою мы встрѣчаемся здѣсь, есть собственно проблема индукціи, обратной относительно дедукціи; и какъ я покажу, индукція всегда состоитъ изъ пробъ и попытокъ и бываетъ чрезвычайно затруднительна въ сложныхъ случаяхъ, особенно если ведется безъ особеннаго искуства и знанія.

Де Морганъ этою равнозначностью предложеній былъ введенъ въ серьезную ошибку въ его остроумной системѣ логики. Онъ утверждаетъ, что такъ какъ предложеніе «всѣ А суть всѣ В» есть только другое выраженіе для двухъ предложеній, «всѣ А суть В» и «всѣ В суть А», то оно должно считаться сложною, а не настоящею элементарною формою предложенія [1]). Но если держаться общаго взгляда на равнозначность предложеній, то это возраженіе не имѣетъ вѣса. Логики, за немногими исключеніями, упорно держались первоначальной ошибки Аристотеля, устраняя изъ своей науки простое отношеніе тожества, на которомъ въ дѣйствительности должны основываться всѣ наиболѣе сложныя логическія отношенія.

---

[1]) Syllabus of a proposed system of Logic, § 57, 121 etc. Formal Logic, p. 66.

Сущность умозаключенія.

Вопросъ, что такое умозаключеніе? и до настоящаго времени остается далеко неразрѣшеннымъ, подобно древнему вопросу, что такое истина? Во многихъ мѣстахъ этого сочиненія я стараюсь показать, что умозаключеніе не дѣлаетъ ничего больше, какъ только разъясняетъ и развиваетъ знаніе, содержащееся въ извѣстныхъ посылкахъ и фактахъ. Ни въ дедуктивномъ, ни въ индуктивномъ мышленіи мы ничего не можемъ прибавить къ заключенному въ себѣ нашему знанію, которое похоже на знаніе, содержащееся въ непрочитанной книгѣ или запечатанномъ письмѣ. Серъ В. Гамильтонъ прекрасно сказалъ, что «умозаключеніе есть показываніе формально и прямо (explicitly) того, что непринимаемое или непредполагаемое предложеніе содержится какъ возможность или подразумѣваясь (implicitly) въ чемъ-нибудь иномъ, что принимается или предполагается [1])».

Боуэнъ [2]) гораздо яснѣе показалъ, что заключеніе аргумента утверждаетъ формально и прямо (explicitly), то, что заключается въ мысли, какъ возможность или подразумѣваясь (implicitly). «Процессъ умозаключенія есть способъ не столько нахожденія новой истины, сколько подтвержденія и доказательства старой указаніемъ на то, что было допущено въ принятіи двухъ посылокъ, взятыхъ вмѣстѣ». Весь смыслъ этихъ опредѣленій держится на словахъ implicit и explicit. Implicit—это то, что свернуто, и мы дѣлаемъ его explicit, когда его развертываемъ. Какъ представленіе круга заключаетъ въ себѣ сотни важныхъ геометрическихъ свойствъ, которыя всѣ вытекаютъ изъ того, что мы уже знаемъ, еслибы только мы имѣли настолько проницательности, чтобы развить его результаты, такъ точно каждый фактъ или положеніе содержитъ въ себѣ болѣе значенія, чѣмъ это кажется съ перваго взгляда. Умозаключеніе разъясняетъ или приводитъ къ сознательному обладанію тѣмъ, что прежде было безсознательно. Оно не творитъ и не разрушаетъ, но только перемѣщаетъ или показываетъ тоже самое содержаніе въ новой формѣ.

Но еще остается трудный вопросъ, гдѣ же начинается новость формы? Есть ли это случай умозаключенія, когда мы отъ «искренность есть мать истины» переходимъ къ «мать истины есть искренность»? Старые логики назвали бы это измѣненіе превращеніемъ, случаемъ непосредственнаго умозаключенія. Но такъ какъ всякое тожество необходимо взаимно и самый смыслъ предложенія состоитъ въ томъ, что два его термина тожественны по своему значенію, то я не могу видѣть никакой разницы между этими двумя предложеніями. Это все равно, еслибы мы сказали, что $x=y$ и $y=x$ представляютъ два различныхъ уравненія.

---

[1]) Lectures on Metaphysics, v. IV, p. 369.

[2]) Treatise on Logic, Cambridge U. S. 1866, p. 362.

Другая трудность состоитъ въ томъ, чтобы рѣшить, когда происходитъ измѣненіе просто граматическое и когда оно содержитъ въ себѣ настоящее логическое преобразованіе. Между *столомъ изъ дерева* и *деревяннымъ столомъ* нѣтъ логической разницы (стр. 31), такъ какъ прилагательное здѣсь есть только удобная замѣна предложной фразы. Но для меня не ясно, есть ли измѣненіе «всѣ люди смертны», въ «нѣтъ безсмертныхъ людей» — чисто грамматическое. Логическое измѣненіе можно было бы, кажется, охарактеризовать такъ, что оно состоитъ въ опредѣленіи отношенія между извѣстными классами предметовъ на основаніи отношенія между другими извѣстными классами. Такъ я считаю настоящимъ логическимъ умозаключеніемъ, когда мы отъ «всѣ люди смертны» переходимъ къ «всѣ безсмертные не-люди», потому что классы *безсмертныхъ* и *не-людей* отличны отъ *смертныхъ* и *людей*; и однакоже въ сущности оба предложенія содержатъ въ себѣ одну и туже истину, какъ показано въ комбинаціяхъ логическаго алфавита.

Переходъ отъ качественнаго къ количественному образу выраженія предложенія есть другой родъ измѣненія, который мы должны отличать отъ настоящаго логическаго умозаключенія. Мы высказываемъ одну и туже истину и когда говоримъ, что «смертность принадлежитъ всѣмъ людямъ», и когда утверждаемъ, что «всѣ люди смертны». Здѣсь мы переходимъ не отъ класса къ классу, но отъ одного рода термина, отвлеченнаго, къ другому роду, конкретному. Но умозаключеніе вѣроятно бываетъ и тогда, когда мы переходимъ отъ какого нибудь изъ приведенныхъ положеній къ утвержденію, что классъ безсмертныхъ людей есть нуль, или не содержитъ ни одного предмета.

Само собою разумѣется, что вопросъ о томъ, къ какому процессу примѣнимо или непримѣнимо названіе «умозаключенія», есть вопросъ о словахъ, и я не желаю продолжать безплодныхъ споровъ, которые уже велись объ этомъ предметѣ. Намъ нужно только опредѣлить смыслъ, въ какомъ мы употребляемъ слово «умозаключеніе» и отличать отношеніе выводныхъ предложеній отъ другихъ возможныхъ отношеній. Достаточно различать четыре вида отношеній, могущихъ существовать между двумя видимо различными предложеніями.

Такъ два предложенія могутъ быть

1) Тавтологическими или тожественными, когда они содержатъ въ себѣ одинаковое отношеніе между одинаковыми терминами и классами и отличаются только порядкомъ положеній; такъ «Викторія есть королева Англіи» тавтологично съ «королева Англіи есть Викторія».

2) Относящимися граматически, когда классы и предметы одинаковы въ нихъ и одинаково относятся между собою, и разница между ними заключается только въ словахъ; такъ «Викторія есть королева Англіи» граматически равнозначно съ «Викторія есть англійская королева».

3) Равнозначными въ качественной и количественной формѣ, когда классы въ нихъ одинаковы, но разсматриваются различнымъ образомъ.

4) Логически выводными или могущими быть выведенными одно изъ другаго; но они могутъ быть и равнозначными, когда классы и отношенія въ нихъ различны, но они содержатъ одно и тоже знаніе возможныхъ комбинацій.

ГЛАВА VII.

ИНДУКЦІЯ.

Въ этой главѣ мы приступаемъ къ разсмотрѣнію втораго большаго отдѣла логическаго метода, именно индукціи (наведенія) или умозаключенія отъ частныхъ истинъ къ общимъ. Нельзя сказать, чтобы индуктивный процессъ имѣлъ бо̀льшую важность, чѣмъ дедуктивный, уже разсмотрѣнный нами, потому что послѣдній процессъ безусловно необходимъ для существованія перваго. Каждый изъ нихъ есть дополненіе и параллель другаго. Принципы мышленія и существованія, лежащіе въ основѣ ихъ, въ сущности одинаковы, подобно тому, какъ вычитаніе чиселъ необходимо основывается на тѣхъ же самыхъ принципахъ, какъ и сложеніе. И дѣйствительно, индукція есть операція обратная относительно дедукціи и не можетъ быть представлена существующею безъ соотвѣтствующей ей операціи, такъ что не можетъ быть и вопроса объ ихъ относительной важности. Придетъ ли кому нибудь въ голову спрашивать, какое дѣйствіе въ ариѳметикѣ важнѣе, сложеніе или вычитаніе? Но въ тоже самое время можетъ существовать большое различіе по трудности между прямою и обратною операціей; интегральное исчисленіе напр. несравненно труднѣе, чѣмъ дифференціальное, относительно котораго оно обратно. Подобно этому нужно признать, что индуктивныя изслѣдованія представляютъ гораздо высшую степень трудности и сложности, чѣмъ какіе бы то ни было вопросы дедукціи; и нѣтъ сомнѣнія, что этотъ именно фактъ привелъ нѣкоторыхъ логиковъ, напр. Франсиса Бекона, Локка и Д. С. Милля, къ ошибочнымъ мнѣніямъ объ исключительной важности индукціи.

До сихъ поръ мы занимались разсмотрѣніемъ того, какимъ образомъ изъ данныхъ условій, законовъ или тожествъ, управляющихъ комбинаціями качествъ, мы можемъ вывести сущность комбинацій, согласныхъ съ этими условіями. Наше дѣло состояло въ томъ, чтобы развивать результаты того, что содержалось въ какомъ-нибудь положеніи, и этотъ процессъ былъ *синте-*

зомъ. Термины или комбинаціи, характеръ которыхъ опредѣляется въ заключеніи, содержатъ обыкновенно, хотя и не всегда, больше качествъ, а слѣдовательно, по закону отношенія между объемомъ и содержаніемъ, меньше предметовъ, чѣмъ термины, въ которыхъ они описывались въ посылкахъ. Такимъ образомъ выводимыя истины обыкновенно бываютъ менѣе общими, чѣмъ истины, изъ которыхъ они выводятся.

Въ индукціи же все наоборотъ. Доказываемыя истины бываютъ болѣе общи, чѣмъ тѣ данныя, изъ которыхъ они выводятся. Процессъ, посредствомъ котораго мы получаемъ такія истины, есть *аналитическій* и состоитъ въ отдѣленіи сложныхъ комбинацій, въ которыхъ представляются намъ естественныя явленія, и опредѣленіи отношеній между отдѣльными качествами. Даются явленія, управляемыя неизвѣстными законами, и мы должны открыть эти управляющіе законы. Вмѣсто легкаго сравнительно дѣла найти слѣдствія, вытекающія изъ даннаго закона, мы должны отыскивать законы по даннымъ слѣдствіямъ. Мы должны разгадывать цѣль, къ которой направлены условія существованія.

Индукція — обратная операція.

Я уже говорилъ, что индукція есть операція обратная относительно дедукціи; но различіе между ними столь важно, что я долженъ остановиться на немъ. Есть много случаевъ, въ которыхъ мы можемъ легко и безошибочно сдѣлать извѣстную вещь, но намъ стоитъ большаго труда раздѣлать ее. Человѣкъ можетъ свободно ходить по самому запутанному лабиринту или по длиннымъ катакомбамъ и направляться по своему желанію сюда и туда; но трудности и сомнѣнія начинаются тотчасъ же, какъ только онъ пожелаетъ воротиться назадъ. При входѣ онъ могъ идти по любому направленію; но во время выхода онъ долженъ выбирать извѣстныя опредѣленныя направленія и при этомъ выборѣ или долженъ полагаться на свою память, указывающую тотъ путь, которымъ онъ входилъ или же перепробовать всѣ возможные пути. Изслѣдователь, входя въ незнакомую мѣстность, отмѣчаетъ для себя обратный путь, сдирая кожу съ деревьевъ.

Такая же трудность представляется и во многихъ научныхъ процессахъ. Если даны два числа, то мы простымъ и безошибочнымъ процессомъ можемъ получить ихъ произведеніе; но совершенно иное дѣло, когда намъ дано какое-нибудь большое число и требуется найти его производителей. Можетъ ли читатель сказать, отъ помноженія какихъ двухъ чиселъ получается въ произведеніи число 8,616,460,799? Я думаю, что едва ли кто-нибудь, кромѣ меня, узнаетъ когда-нибудь эти числа; потому что это два большія первоначальныя или простыя числа и ихъ можно найти только перепробовавши послѣдовательно длинный рядъ первоначальныхъ дѣлителей, чтобы случайно напасть на настоящаго. Даже хорошій счетчикъ долженъ будетъ употребить на это нѣсколько недѣль работы, а мнѣ помноженіе этихъ двухъ производителей стоило нѣсколькихъ минутъ. Подобнымъ же образомъ нѣтъ прямаго процесса для узнаванія, есть ли данное число первоначальное или нѣтъ; только пробуя подрядъ всѣ меньшія числа, которыя могутъ быть дѣлителями, мы можемъ показать, что оно не есть составное, и трудность этой работы была бы невыносима, если бы она не была произведена систематически однажды навсегда посредствомъ процесса, извѣстнаго подъ именемъ Эратосфеноваго сита. причемъ результаты ея представлены въ таблицѣ первоначальныхъ чиселъ.

Громадныя трудности, которыя представляетъ рѣшеніе буквенныхъ уравненій, представляетъ другой примѣръ. Когда даны какіе-нибудь буквенные производители, то мы легко и безошибочно можемъ получить ихъ произведеніе; но когда дано произведеніе, то чрезвычайно трудно разложить его на производителей. Когда данъ какой угодно рядъ количествъ, то не трудно сдѣлать уравненіе, которое будетъ имѣть эти количества какъ корни. Пусть a, b, c, d и пр. будутъ количества; тогда

$$(x-a)(x-b)(x-c)(x-d)\ldots=0$$

будетъ требуемое уравненіе, и намъ остается только помножить по обыкновеннымъ правиламъ выраженіе въ лѣвой части. Но когда дано сложное буквенные выраженіе, уравненное нулю, тогда бываетъ чрезвычайно трудно найти всѣ корни. Математики исчерпали самыя сильныя средства, чтобы довести рѣшеніе до четвертой степени. Во всякомъ другомъ математическомъ дѣйствіи обратное дѣйствіе гораздо труднѣе, чѣмъ прямое: вычитаніе труднѣе сложенія, дѣленіе — умноженія, извлеченіе корней — возвышенія въ степень; но трудность сильно увеличивается, когда дѣйствіе становится болѣе сложнымъ. Дифференцированіе, прямое дѣйствіе, можетъ быть всегда произведено при помощи опредѣленныхъ правилъ; но такъ какъ эти правила даютъ значительное разнообразіе результатовъ, то обратное дѣйствіе интегрированія представляетъ громадныя трудности и въ огромномъ большинствѣ случаевъ превосходитъ настоящіе рессурсы математиковъ. Для веденія этого дѣйствія нѣтъ безошибочныхъ и общихъ правилъ; его нужно вести при помощи пробъ, догадокъ, или же припоминая результаты дифференцированія и употребляя ихъ какъ руководство.

Чтобы подойти ближе къ нашему непосредственному предмету, мы скажемъ, что точно такія же трудности встрѣчаются при опредѣленіи законовъ, которыми управляются какія нибудь вещи. Когда дано общее математическое выраженіе, то мы можемъ безошибочно опредѣлить величину (значеніе) его для всякой требуемой величины (значенія) перемѣнной. Но мнѣ неизвѣстно, чтобы математики пытались когда-нибудь установить правила дѣйствія, посредствомъ котораго въ извѣстныхъ данныхъ числахъ можно было бы открыть раціональную или точную формулу, изъ которой они произошли. Читатель можетъ испытать свою способность открывать законъ, разсматривая его результаты, если онъ, не будучи математикомъ, попробуетъ найти, какимъ закономъ управляются слѣдующія числа:

$$\frac{1}{6},\quad \frac{1}{30},\quad \frac{1}{42},\quad \frac{1}{30},\quad \frac{5}{66},\quad \frac{691}{2730},\quad \frac{7}{7},\quad \frac{3617}{510},\quad \frac{43867}{798}\ \text{и проч.}$$

Эти числа иногда малы, но неожиданно увеличиваются до большихъ цифръ; по абсолютной величинѣ они весьма измѣнчивы. Повидимому, въ нихъ нѣтъ никакой правильности и метода и едвали можно предполагать, чтобы кто-нибудь, разсматривая эти числа, могъ открыть существующія между ними отношенія. И однако же они произошли отъ самыхъ правильныхъ и симметрическихъ законовъ отношенія и имѣютъ въ математическомъ анализѣ большую важность, будучи извѣстны подъ именемъ чиселъ Бернулли.

Или сравнимъ трудность дешифрированія съ трудностью шифрированія. Всякій можетъ изобрѣсти секретный языкъ и при небольшомъ трудѣ можетъ перевести на этотъ языкъ самое длинное письмо. Но совсѣмъ иное дѣло дешифрировать это письмо, не имѣя ключа къ принятымъ знакамъ. Такъ какъ возможные способы секретнаго письма безконечны по числу и чрезвычайно разнообразны по роду, то нѣтъ прямаго способа раскрытія ихъ. Единственнымъ рессурсомъ остается постоянное пробованіе, болѣе или менѣе руководимое знаніемъ обычныхъ формъ шифрированія и основывающееся единственно на принципахъ вѣроятности и на логической индукціи. Для этого процесса требуется особенный тактъ или искуство и немногіе люди, какъ Уэллисъ или Уитстонъ, достигли въ немъ большихъ успѣховъ.

Индукція есть дешифрированіе скрытаго значенія естественныхъ явленій. Даны явленія, совершающіяся въ извѣстныхъ опредѣленныхъ комбинаціяхъ, и требуется открыть законы, управляющіе этими комбинаціями. Если предполагаются какіе-нибудь законы, то мы можемъ легко и съ увѣренностью рѣшить, дѣйствительно ли явленія слѣдуютъ этимъ законамъ. Но могущіе существовать законы безконечны по своему разнообразію, такъ что слишкомъ много шансовъ противъ возможности отгадать ихъ наудачу. Трудность еще болѣе возрастаетъ оттого, что обыкновенно дѣйствуютъ одновременно многіе законы и дѣйствія ихъ переплетаются между собою. Единственные способы открытія состоятъ или въ перепробованіи всѣхъ до одного большаго числа предполагаемыхъ законовъ или въ тщательномъ наблюденіи надъ дѣйствіями и припоминаніи тѣхъ случаевъ, въ которыхъ подобныя дѣйствія слѣдовали изъ извѣстныхъ законовъ. Какимъ бы образомъ ни дѣлалось открытіе, но оно всегда должно совершаться посредствомъ болѣе или менѣе сознательнаго примѣненія прямаго процесса дедукціи.

Логическій алфавитъ служитъ объяснительнымъ примѣромъ какъ индукціи такъ и дедукціи. Разсматривая непрямой процессъ умозаключенія, мы находимъ, что изъ извѣстныхъ положеній мы можемъ безошибочно опредѣлить комбинаціи терминовъ, согласныя съ этими посылками. Индуктивная же задача совершенно обратная. Даны извѣстныя комбинаціи терминовъ, и требутся узнать положенія, съ которыми согласны комбинаціи и изъ которыхъ могли быть они выведены. Если читатель посмотритъ на слѣдующія комбинаціи,

ABC aЬC
aBC aЬc,

то вѣроятно сразу вспомнитъ, что они относятся къ посылкамъ A = AB, B = BC (стр. 93). Если же нѣтъ, то потребуется немного попытокъ, прежде чѣмъ онъ попадаетъ на вѣрный отвѣтъ, и каждая попытка будетъ состоять въ предположеніи извѣстныхъ законовъ и испытаніи, согласуются ли выведенные результаты съ данными посылокъ. Чтобы испытать, какъ легко онъ можетъ разрѣшить эту индуктивную задачу, пусть онъ наудачу выброситъ какую нибудь изъ комбинацій четвертаго столбца логическаго алфавита (стр. 94) и скажетъ, какимъ закономъ слѣдуютъ остальныя комбинаціи, наблюдая приэтомъ, чтобы каждый изъ буквъ терминовъ и ихъ отрицаній являлся въ въ такомъ порядкѣ, чтобы избѣжать самопротиворѣчій въ посылкахъ (стр. 74, 111). Пусть онъ скажетъ напр., какія законы выражаются въ комбинаціяхъ

ABC aBC
AЬc aЬC.

Трудность становится еще больше, когда въ комбинаціи входитъ больше терминовъ. Требуется уже нѣсколько болѣе внимательное обсужденіе, чтобы узнать полныя условія, заключающіяся въ комбинаціяхъ

ACe aЬCe
aBCe aЬaE
aBcdE

Читатель довольно легко можетъ открыть, что главные законы суть C = c и A=Ac; но онъ едвали можетъ найти безъ затрудненія остальной законъ, именно, что BD = BDe.

Трудности представляющіяся при индуктивномъ изслѣдованіи природы совершенно такого же рода. Намъ рѣдко приходится наблюдать непрерываемое и ничѣмъ не закрываемое дѣйствіе какого-нибудь закона. Проницательность Аристотеля и древнихъ грековъ не дала имъ возможности открыть, что всѣ тѣла стремятся падать къ центру земли. Нѣсколько ночей наблюденія могли бы убѣдить астронома, еслибы онъ наблюдалъ солнечную систему изъ центра ея, что планеты движутся вокругъ солнца; но тотъ фактъ, что наше мѣсто наблюденія есть также движущаяся планета, до того усложняетъ кажущіяся движенія другихъ тѣлъ, что нужно было все глубокомысліе Коперника, чтобы доказать дѣйствительную простоту планетной системы. Тоже и во всей природѣ; законы могутъ быть простыми, но ихъ комбинированныя дѣйствія не просты и мы не имѣемъ путеводной нити среди ихъ запутанности. «Слава Бога, говоритъ Соломонъ, въ томъ, чтобы скрыть вещь, а слава царя—въ томъ, что открыть ее». Законы природы суть драгоцѣнные секреты, которые Богъ сокрылъ, а царственная прерогатива естествоиспытателя состоитъ въ томъ, чтобы открывать ихъ трудомъ и проницательностью.

Индукція простыхъ тожествъ.

Многіе важные законы природы могутъ быть выражены въ формѣ простыхъ тожествъ и я могу приводить ихъ какъ примѣры для разъясненія того, что я сказалъ о трудности обратнаго процесса индукціи. Два явленія могутъ быть связаны между собою. Такъ всякая тяготѣющая матерія совершенно совпадаетъ со всякой матеріей, обладающей инерціей; гдѣ является одно свойство, тамъ является также и другое. Всѣ кристаллы правильной системы суть всѣ кристаллы не обладающіе двойнымъ лучепреломленіямъ. Всѣ экзогеновыя растенія, за немногими исключеніями, суть растенія имѣющія двѣ сѣмядоли.

Небольшое размышленіе показываетъ, что нѣтъ прямаго и безошибочнаго процесса, посредствомъ котораго можно было бы открывать такія полныя совпаденія. Естественные предметы суть аггрегаты многихъ качествъ и относительно каждаго изъ этихъ качествъ можно доказать, что оно находится въ связи съ нѣкоторыми другими. Если каждый предметъ изъ многочисленной группы предметовъ обладаетъ сотнею физическихъ или химическихъ качествъ, тогда будетъ не менѣе ½ (100 × 99) или 4,950 паръ качествъ, которыя могутъ быть связаны, и конечно нужно много труда, чтобы побѣдить затрудненія и точно узнать, какія качества соединены какимъ нибудь простымъ закономъ.

Главный источникъ затрудненія состоитъ въ томъ, что ограниченныя способности человѣческаго ума недостаточны для того, чтобы однимъ актомъ сравнить большую группу предметовъ съ другою большою группою. Въ одинъ моментъ мы не можемъ имѣть въ сознаніи болѣе пяти или шести различныхъ идей. Мы поэтому каждую болѣе сложную группу должны разбирать послѣдовательными актами вниманія. Читатель почти однимъ единичнымъ актомъ сравненія можетъ узнать, что слова Roma и Mora содержатъ одинаковыя буквы. Можетъ быть онъ тоже почти сразу увидитъ, что изъ одинаковыхъ буквъ состоятъ слова Causal и Casual, или Logica и Caligo. Но для того, чтобы увидѣть, что изъ буквъ Astronomers можно сдѣлать No more stars, что Serpens in akuleo есть анаграма Joannes Keplerus, или Great gun do us a sum есть анаграма Augustus de Morgan, нужно конечно разбить актъ сравненія на нѣсколько послѣдовательныхъ актовъ. Процессъ будетъ имѣть двойной характеръ и нужно будетъ убѣдиться сначала въ томъ, что каждая буква первой группы находится въ числѣ буквъ второй, а потомъ на оборотъ въ томъ, что каждая буква второй группы находится въ первой. Только такимъ же образомъ мы можемъ доказать, что два длинные списка именъ одинаковы, именно показавши, что каждое имя одного списка встрѣчается въ другомъ, и наоборотъ.

Этотъ процессъ сравненія дѣйствительно состоитъ въ установленіи двухъ частныхъ тожествъ, которыя, какъ мы уже показали (стр. 58), равнозначны по соединеніи съ однимъ простымъ тожествомъ. Мы сперва удостовѣряемъ истину двухъ положеній $A = AB$, $B = AB$ и затѣмъ посредствомъ замѣщенія возвышаемся до одного закона $A = B$.

Есть однако и другой процессъ, посредствомъ котораго мы можемъ придти къ такому же результату; потому что два предложенія $A = AB$, $a = ab$ также равнозначны съ простымъ тожествомъ $A = B$. Поэтому если мы можемъ доказать, что всѣ предметы, заключающіеся въ A, заключаются и въ B, а также что всѣ предметы, не содержащіеся въ A не содержатся въ B, то мы и достигли своей цѣли. Этимъ процессомъ мы обыкновенно сравниваемъ два списка, если въ нихъ можно дѣлать отмѣтки. На каждое имя въ первомъ спискѣ мы вычеркиваемъ соотвѣтствующее ему во второмъ и если исчерпанъ первый списокъ, и приэтомъ исчерпанъ и второй, то изъ этого слѣдуетъ, что всѣ имена не находящіяся въ первомъ должны не находиться и во второмъ и совпаденіе должно быть полное.

Эти два способа доказыванія тожества такъ тѣсно связаны между собою, что сомнительно, до какой степени мы можемъ замѣтить какое нибудь различіе въ ихъ дѣйствительности и въ случаяхъ примѣненія. Первый методъ можетъ быть удобнѣе, когда сравниваемыя явленія рѣдки. Такъ, мы доказываемъ, что всѣ музыкальные аккорды совпадаютъ со всѣми простѣйшими числовыми отношеніями, тѣмъ способомъ, что показываемъ, что каждый аккордъ происходитъ отъ простаго отношенія между звуковыми волнами, и затѣмъ показываемъ, что каждое простое отношеніе даетъ происхожденіе одному изъ аккордовъ. Ислѣдованіе всѣхъ возможныхъ случаевъ диссонанса или сложнаго отношенія между волнами было бы невозможно. Посредствомъ удачнаго пріема индукціи Д. Гершель открылъ, что всѣ кристаллы кварца, вращающіе плоскость поляризаціи свѣта, суть тѣ кристаллы, которые имѣютъ плагіэдральные плоскости, т. е. косвенныя плоскости на углахъ призмы, несимметричныя съ обыкновенными плоскостями. Это любопытное отношеніе доказано тѣмъ наблюденіемъ, что всѣ плагіэдральные кристаллы обладаютъ способностью вращенія, и наоборотъ всѣ кристаллы вращающіе плоскость поляризаціи плагіэдральны. И въ тоже время можно замѣтить, что всѣ обыкновенные кристаллы лишены этой способности. Нѣтъ основаній, почему мы не могли бы открыть какого нибудь изъ четырехъ предложеній A = AB, B = AB, a = ab, b = ab, которыя всѣ вытекаютъ изъ A = B (стр. 115).

Иногда терминами тожества могутъ быть единичные предметы; такъ мы видимъ, что алмазъ есть горючій драгоцѣнный камень и, не видя другаго горючаго драгоцѣннаго камня, мы утверждаемъ

Алмазъ = горючій драгоцѣнный камень.

Подобнымъ же образомъ мы убѣждаемся, что

Ртуть = жидкій металлъ при обыкновенной температурѣ,

Вещество съ наименьшею плотностью = вещество съ наименьшимъ атомнымъ вѣсомъ.

Въ индукцію могутъ при случаѣ входить два или три предмета, какъ напр. когда мы говоримъ

Натрій ·|· калій = металлъ съ меньшею плотностью чѣмъ вода,

Венера ·|· Меркурій ·|· Марсъ = меньшая планета не имѣющая спутниковъ.

Индукція частныхъ тожествъ.

Такимъ образомъ мы видимъ, что полное тожество двухъ классовъ почти всегда открывается не прямымъ наблюденіемъ, но предварительнымъ установленіемъ двухъ частныхъ тожествъ. Такимъ образомъ есть множество случаевъ, гдѣ намъ нужно открыть только одно отношеніе, именно частное тожество одного класса съ другимъ. Поэтому самый обыкновенный случай всѣхъ индуктивныхъ умозаключеній состоитъ въ установленіи того факта, что всѣ предметы имѣющіе свойства А имѣютъ также и свойства В, или что А=АВ. Чтобы удостовѣриться въ истинѣ положенія этого рода, необходимо просто собрать вмѣстѣ, умственно или физически, всѣ предметы заключающіеся въ А и затѣмъ смотрѣть, дѣйствительно ли въ каждомъ изъ нихъ есть В или, что одно и тоже, дѣйствительно ли нельзя найти между ними такихъ, которые были бы не-В. Такъ, если мы умственно соединимъ вмѣстѣ всѣ небесныя тѣла, движущіяся съ замѣтной быстротою, т. е. планеты, то найдемъ, что они всѣ обладаютъ свойствомъ не сверкать. Мы не можемъ анализировать ни одного растительнаго вещества, безъ того чтобы не открыть, что оно содержитъ углеродъ и водородъ; но нельзя сказать, что всѣ вещества содержащія углеродъ и водородъ суть органическія вещества.

Большая масса научныхъ истинъ состоитъ изъ положеній этой формы А = АВ. Такъ въ астрономіи мы знаемъ, что всѣ планеты суть сфероидальныя тѣла; что всѣ они движутся вокругъ солнца въ одномъ направленіи; что всѣ они свѣтятъ отраженнымъ свѣтомъ; что всѣ они повинуются закону тяготѣнія. Но конечно нельзя утверждать, что всѣ тѣла, повинующіяся закону тяготѣнія или свѣтящія отраженнымъ свѣтомъ или движущіяся въ опредѣленномъ направленіи или сфероидальныя по формѣ суть планеты. Въ другихъ наукахъ мы имѣемъ громадное число предложеній въ такой же формѣ, какъ напр. всѣ вещества, переходя въ газообразное состояніе, поглощаютъ теплоту; всѣ металлы суть элементы; они хорошіе проводники теплоты и электричества; всѣ щелочные металлы суть одноатомные элементы; всѣ фораминиферы суть морскіе организмы; всѣ паразитныя животныя — не млекопитающія; молнія никогда не выходитъ изъ слоистыхъ облаковъ; пемза никогда не бываетъ тамъ, гдѣ есть только полевой шпатъ-лабрадоръ; молочницы не заболѣваютъ оспой; и въ сочиненіяхъ Дарвина научная важность можетъ быть придана даже такому повидимому ничтожному наблюденію, что „бѣлые коты имѣющіе голубые глаза бываютъ глухи“.

Процессъ умозаключенія, посредствомъ котораго получены всѣ такія истины, легко можетъ быть представленъ въ точной символической формѣ. Мы должны имѣть посылку, перечисляющую въ раздѣлительной формѣ всѣ возможные индивидуумы, относящіеся къ классу; словомъ, мы разлагаемъ классъ на его составныя части. Затѣмъ намъ нужно нѣсколько предложеній, изъ которыхъ каждое утверждаетъ, что одинъ изъ индивидуумовъ обладаетъ извѣстнымъ свойствомъ. Такъ посылки должны имѣть форму

$$A = B \cdot|\cdot C \cdot|\cdot D \cdot|\cdot \ldots\ldots \cdot|\cdot P \cdot|\cdot Q$$

$$B = BX$$

$$C = CX$$

$$\ldots \;\; \ldots$$

$$\ldots \;\; \ldots$$

$$Q = QX.$$

Если мы затѣмъ вмѣсто каждой альтернативы въ первой посылкѣ подставимъ ея характеристику, находящуюся въ слѣдующихъ посылкахъ, то получимъ

$$A = BX \cdot|\cdot CX \ldots\ldots \cdot|\cdot PX \cdot|\cdot QX$$

или

$$A = (B \cdot|\cdot C \ldots\ldots \cdot|\cdot P \cdot|\cdot Q)\, X.$$

Но рядъ альтернативъ мы можемъ теперь замѣстить ихъ равнозначнымъ, даннымъ въ первой посылкѣ, именно A, такъ что и получается требуемый результатъ:

$$A = AX.$$

Мы пришли бы къ тому же результату, еслибы первая посылка имѣла форму

$$A = AB \cdot|\cdot AC \cdot|\cdot \ldots\ldots \cdot|\cdot AQ.$$

Мы всегда можемъ доказать положеніе тѣмъ, что докажемъ его равнозначное, если находимъ это болѣе удобнымъ. Утверждать, что всѣ не-B суть не-A совершенно тоже самое, что утверждать, что всѣ A суть B. Поэтому мы можемъ убѣдиться въ томъ, что $A = AB$, убѣдившись предварительно въ томъ, что $a = ab$. Если мы напр. наблюдаемъ, что всѣ вещества, которыя не тверды, неспособны къ двойному лучепреломленію, то изъ этого необходимо слѣдуетъ, что всѣ двояко преломляющія вещества тверды. Мы можемъ убѣдить себя въ томъ, что всѣ электрическія вещества не проводники электричества тѣмъ соображеніемъ, что всѣ хорошіе проводники не удерживаютъ и собственно не могутъ удерживать электрическаго возбужденія. Когда мы перейдемъ къ вопросамъ вѣроятности, то тамъ найдемъ нужнымъ доказывать, если возможно, какъ первоначальное предложеніе, такъ и его равнозначное, такъ какъ тамъ представляется расширенная область наблюденія.

Число альтернативъ, которыя могутъ возникнуть при дѣленіи класса, бываетъ очень различно и можетъ быть какое угодно число, начиная съ двухъ. Такимъ образомъ вѣроятно, что каждое вещество можетъ быть или магнитнымъ или діамагнитнымъ, и ни одно вещество не можетъ быть одновременно тѣмъ и другимъ. Поэтому дѣленіе должно дѣлаться въ такой формѣ

$$A = ABc \cdot|\cdot AbC.$$

Если мы можемъ доказать, что всѣ магнитныя вещества способны къ полярности, или $B = BD$, и также, что всѣ діамагнитныя вещества способны къ полярности, $C = CD$, то изъ этого будетъ слѣдовать послѣ замѣщенія, что всѣ вещества способны къ полярности, или $A = AD$. Мы обыковенно раздѣляемъ классъ веществъ на три подкласса, твердое, жидкость и газъ; и если мы можемъ показать, что въ каждой изъ этихъ формъ оно повинуется термо-динамическому закону Карно, то изъ этого слѣдуетъ, что всѣ вещества повинуются этому закону. Подобнымъ же образомъ мы можемъ доказать, что всѣ позвоночныя имѣютъ красную кровь, если докажемъ отдѣльно, что рыбы, пресмыкающіяся, птицы, двуутробныя и млекопитающія имѣютъ красную кровь, такъ какъ позвоночныя состоятъ, какъ извѣстно, только изъ пяти главныхъ подклассовъ.

Наши индукціи часто затрудняются исключеніями, дѣйствительными или кажущимися. Мы могли бы утверждать, что всѣ драгоцѣнные камни не горючи, если бы не было алмазовъ, которые несомнѣнно горючи. Повидимому, ничто не можетъ быть очевиднѣе того, что всѣ металлы не прозрачны, пока мы не станемъ изслѣдовать ихъ въ тонкихъ пластинкахъ, когда золото и серебро оказываются прозрачными. Всѣ растенія поглощаютъ угольную кислоту, исключая нѣкоторыхъ грибовъ; всѣ тѣла планетной системы имѣютъ поступательное движеніе съ запада на востокъ, исключая спутниковъ Урана и Нептуна. Далѣе нѣкоторые изъ самыхъ глубокихъ законовъ матеріи не вполнѣ всеобщи; всѣ твердыя тѣла расширяются отъ теплоты, исключая резины и можетъ быть нѣсколькихъ другихъ тѣлъ; всѣ изслѣдованныя жидкости расширяются отъ теплоты, исключая воды ниже 4^{0} Ц. и расплавленнаго висмута; всѣ газы имѣютъ коэфиціентъ расширенія увеличивающійся съ температурой, исключая водорода. Въ одной изъ слѣдующихъ главъ я разсмотрю, какъ нужно разсматривать и классифицировать такіе аномальные случаи; здѣсь намъ нужно только надлежащимъ образомъ выразить ихъ нашими знаками.

Возьмемъ случай прозрачности металловъ и обозначимъ термины такъ:

$A =$ металлъ
$B =$ золото
$C =$ серебро
$D =$ желѣзо
E, F и проч. $=$ мѣдь, свинецъ и проч.
$X =$ не прозрачный.

Наши посылки будутъ

$$A = B \cdot|\cdot C \cdot|\cdot D \cdot|\cdot E \text{ и проч.}$$
$$B = Bx$$
$$C = Cx$$
$$D = DX$$
$$E = EX,$$

и т. д. относительно всѣхъ металловъ. Теперь очевидно

$$Abc = (D \cdot|\cdot E \cdot|\cdot F \cdot|\cdot \cdots)\, bc,$$

а по замѣщеніи мы получаемъ

$$Abc = Abc\, X,$$

или другими словами, «всѣ металлы, но не золото и не серебро, непрозрачны»; и въ то же время мы имѣемъ

$$A\,(B \cdot|\cdot C) = AB \cdot|\cdot AC = ABx \cdot|\cdot ACx = A\,(B \cdot|\cdot C)x$$

или «металлы, которые или золото или серебро, прозрачны».

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ проблема индукціи принимаетъ высшую степень сложности. Если мы изслѣдуемъ свойства кристаллическихъ веществъ, то можемъ найти нѣкоторыя свойства общія всѣмъ имъ, напр. спайность или листопрохожденіе по опредѣленнымъ плоскостямъ; но затѣмъ скоро оказывается необходимымъ разбить классы на меньшіе отдѣлы. Мы должны раздѣлить кристаллы на семь признаныхъ системъ, и затѣмъ мы нашли бы, что кристаллы каждой системы обладаютъ многими общими свойствами. Такъ кристаллы правильной или кубической системы одинаково расширяются отъ теплоты, проводятъ теплоту и электричество съ равномѣрною скоростью и имѣютъ одинаковую упругость по всѣмъ направленіямъ; они имѣютъ только одинъ показатель преломленія свѣта и каждая плоскость находится въ одинаковомъ отношеніи къ каждой изъ трехъ осей. Кристаллы, принадлежащіе къ системѣ съ одной главной осью, имѣютъ различныя физическія способности проводимости, преломленія, упругости и проч., одинаковыя въ направленіяхъ перпендикулярныхъ къ главной оси; въ другихъ-же направленіяхъ эти свойства измѣняются по сложнымъ законамъ. Остальныя системы, въ которыхъ кристаллы имѣютъ три неодинаковыя оси или имѣютъ наклонныя оси, представляютъ еще болѣе сложные результаты, и дѣйствія такихъ кристалловъ на свѣтъ, теплоту, электричество и проч. бываютъ различны въ разныхъ направленіяхъ. Но изслѣдуя индукцію въ ея запутанныхъ примѣненіяхъ къ природѣ, мы уже касаемся классификаціи, которую мы будемъ разсматривать въ слѣдующей части этого сочиненія.

Рѣшеніе обратной, или индуктивной задачи, содержащей два класса.

Теперь ясно, что индукція состоитъ въ обратномъ переходѣ отъ серій комбинацій къ законамъ, которыми управляются такія комбинаціи. Тотъ законъ, что всѣ металлы суть проводники электричества, выражаетъ въ сущности ту мысль, что въ природѣ мы находимъ три класса предметовъ, именно:

1) Металлы, проводники;
2) Не-металлы, проводники;
3) Не-металлы, не-проводники.

Другими словами, мы могли бы сказать, что онъ исключаетъ существованіе класса «металловъ не-проводниковъ». Такимъ же образомъ всякій другой законъ или группа законовъ собственно означаетъ собою исключеніе изъ существованія извѣстныхъ комбинацій вещей, обстоятельствъ или явленій, управляемыхъ этими законами. Но въ логикѣ, строго говоря, мы занимаемся не явленіями и не законами, но общими формами законовъ; и небольшое размышленіе покажетъ намъ, что для ограниченнаго числа вещей возможное число формъ или законовъ, управляющихъ ими, также должно быть ограниченно. Употребляя общіе термины, мы знаемъ, что A и B могутъ присутствовать или отсутствовать въ четырехъ видахъ и никакъ не больше; именно:

AB, Ab, aB ab;

такимъ образомъ каждый возможный законъ на счетъ отношенія между A и B долженъ обозначаться исключеніемъ одной или нѣсколькихъ изъ этихъ комбинацій. Поэтому число возможныхъ законовъ не можетъ превосходить числа выборовъ, которые мы можемъ сдѣлать изъ этихъ четырехъ комбинацій. Такъ какъ каждая комбинація можетъ присутствовать или отсутствовать, то число комбинацій, подлежащихъ разсмотрѣнію, есть 2×2×2×2 или 16; и эти всѣ случаи показаны въ слѣдующей таблицѣ, въ которой знакъ 0 показываетъ отсутствіе или несуществованіе комбинаціи, показанной въ лѣвомъ столбцѣ на той же линіи, знакъ I означаетъ присутствіе.

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7** *	**8** *	**9**	**10** *	**11** *	**12** *	**13**	**14** *	**15** *	**16** *
AB	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
A *b*	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
a B	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
ab	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

Такимъ образомъ въ 16 столбцѣ мы находимъ, что всѣ возможныя комбинаціи должны присутствовать, что означаетъ, что въ такомъ случаѣ нѣтъ спеціальныхъ законовъ, и что комбинаціи управляются только общими законами тожества и различія. Примѣръ металловъ и проводниковъ электричества можетъ быть представленъ 12 столбцомъ; и каждый другой видъ, въ которомъ могутъ представляться вещи или качества, показанъ въ томъ или другомъ изъ столбцовъ. Болѣе половины случаевъ можетъ быть отвергнуто съ перваго же раза, потому что они заключаютъ въ себѣ полное отсутствіе термина или его отрицанія. Какъ было уже показано (стр. 111), логическій принципъ требуетъ, чтобы каждый терминъ имѣлъ свое отрицаніе; а потому, когда его нѣтъ, тогда значитъ существуетъ несообразность между условіями комбинаціи. Такъ если мы выскажемъ два положенія: «графитъ проводитъ электричество» и «графитъ не проводитъ электричества», то это все равно, какъ если бы мы утверждали невозможность самаго существованія графита; или въ общихъ терминахъ, A есть B и A не есть B совершенно разрушаетъ комбинаціи, содержащія A,—случай представленный въ четвертомъ столбцѣ приведенной таблицы. Мы поэтому должны ограничить наше вниманіе тѣми случаями, которые могутъ представляться въ естественныхъ явленіяхъ, когда есть по крайней мѣрѣ двѣ комбинаціи, и которые соотвѣтствуютъ тѣмъ столбцамъ таблицы, въ которыхъ является каждый изъ терминовъ A, a, B, b. Эти случаи обозначены въ столбцахъ звѣздочкой.

Мы находимъ, что остается для изслѣдованія семь случаевъ, характеризующихся такъ.

Четыре случая, представляющіе три комбинаціи,

Два случая, представляющіе двѣ комбинаціи,

Одинъ случай, представляющій четыре комбинаціи.

Уже было показано, что предложеніе въ формѣ $A = AB$ уничтожаетъ одну комбинацію, Ab, такъ что это есть форма закона, примѣняющаяся къ 12 столбцу. Но измѣняя одинъ или нѣсколько терминовъ въ $A = AB$ въ ихъ отрицанія или перемѣшивая A и B съ a и b, мы получаемъ не менѣе 8 различныхъ видоизмѣненій одной формы; такъ

12-й случ.	8-й случ.	15-й случ.	14-й случ.
$A = AB$	$A = Ab$	$a = aB$	$a = ab$
$a = ab$	$B = aB$	$b = Ab$	$B = AB$

Читатель, помнящій предшествующіе параграфы, увидитъ, что каждое положеніе въ нижней строкѣ логически равнозначно стоящему надъ нимъ въ верхней и противоположно ему (стр. 83). Такъ предложенія $A = Ab$ и $B = aB$ оба даютъ одни и тѣже комбинаціи, показанныя въ 8 столбцѣ таблицы и испытаніе показываетъ, что этимъ мы можемъ объяснить 12, 8, 15 и 14 столбцы. Поэтому мы приходимъ къ такому заключенію; общая форма предложенія $A = AB$ допускаетъ четыре логически различныхъ видоизмѣненія, изъ которыхъ каждое можетъ выражаться двумя способами.

Въ двухъ столбцахъ таблицы, именно въ 7 и 10, мы замѣчаемъ, что недостаетъ двухъ комбинацій. Простое тожество А=В дѣлаетъ невозможными комбинаціи Аb и аВ, и это объясняетъ 10-й случай; а если мы измѣнимъ В въ b, то тожество А=b объяснитъ намъ 7 случай. Могутъ быть еще два другія видоизмѣненія простого тождества, именно а=b и а=В; но уже было показано неоднократно, что они равнозначны А=В и А=b (стр. 115?). Такъ-какъ 16 столбецъ уже объясненъ, какъ не управляемый специальными условіями, то мы приходимъ къ слѣдующему общему заключенію: законы, управляющіе комбинаціями двухъ терминовъ, могутъ быть выражены въ частномъ тожествѣ или простомъ тожествѣ; частное тожество можетъ имѣть только четыре логически отдѣльныхъ видоизнѣненія, а простое тожество двѣ. Каждое логическое отношеніе между двумя терминами должно выражаться въ одной изъ этихъ шести формъ закона или должно быть логически равнозначно одной изъ нихъ.

Кратко сказать, мы можемъ заключить, что, разсмотрѣвши частное и полное тожество, мы вполнѣ разобрали тотъ видъ отношенія, въ которомъ могутъ находиться между собою два термина или класса предметовъ. О каждомъ изъ двухъ классовъ можно сказать, что онъ долженъ или заключаться въ другомъ или быть тожественнымъ съ нимъ, или же подобное отношеніе должно существовать между однимъ классомъ и отрицаніемъ другаго. Мы такимъ образомъ вполнѣ разрѣшили обратную логическую задачу относительно двухъ терминовъ.

Обратная логическая задача съ тремя классами.

Когда мы вводимъ въ задачу третій терминъ С, то изслѣдованіе принимаетъ гораздо болѣе сложный характеръ, такъ что читатель, можетъ быть, предподчтетъ пропустить этотъ параграфъ. Три термина и ихъ отрицанія могутъ быть скомбинированы, какъ мы уже неоднократно видали, въ 8 различныхъ комбинацій и дѣйствіе законовъ или логическимъ условій состоитъ въ томъ, чтобы разрушить одну или нѣсколько изъ этихъ комбинацій. Но изъ 8 вещей мы можемъ сдѣлать 2^8 или 256 выборовъ; такъ что намъ предстоитъ разсматривать не менѣе 256 различныхъ случаевъ и полное рѣшеніе по крайней мѣрѣ въ 50 разъ хлопотливѣе, чѣмъ съ двумя терминами. Однако многія серіи комбинацій противорѣчатъ другъ другу и могутъ быть пропущены, при чемъ критеріемъ совмѣстности служитъ то, чтобы каждая изъ буквъ А,В,С,а,b,с являлась гдѣ-нибудь въ серіи комбинацій.

Мой способъ рѣшенія задачи таковъ: написавши всѣ 256 комбинацій, я разбираю каждую отдѣльно и выбрасываю тѣ, которыя несогласны съ критеріемъ совмѣстности. Затѣмъ я беру какую-нибудь форму предложенія, заключающаго два или три термина, и варьирую его возможнымъ образомъ, какъ посредствомъ круговаго перемѣщенія буквъ (A,B,C измѣняю въ B,C,A и C,A,B), такъ и посредствомъ замѣщенія одного или нѣсколькихъ терминовъ соотвѣтствующими отрицательными терминами. Напр., предложеніе AB=ABC можетъ быть варьировано сначала посредствомъ круговаго перемѣщенія, такъ-что даетъ BC=BCA и CA=CAB. Каждое изъ этихъ трехъ предложеній можетъ дать 8 видоизмѣненій посредствомъ отрицательнаго измѣненія. Такъ AB=ABC даетъ aB=aBC, Ab=AbC, AB=ABc, ab=abC и т. д. Такимъ образомъ можетъ быть не менѣе 24 видоизмѣненій закона имѣющаго общую форму AB=ABC, выражающую, что все, имѣющее свойства A и B, имѣетъ также и свойства C. Нельзя сказать, чтобы не могло встрѣтиться видоимѣненій, равнозначныхъ съ другими; и проба показываетъ дѣйствительно, что AB=ABC имѣетъ совершенно такой же смыслъ какъ Ac=Abc или Bc=Bca. Поэтому разсматриваемый законъ имѣетъ только 8 видоизмѣненій, имѣющихъ различное логическое значеніе. Затѣмъ посредствомъ настоящаго дедуктивнаго умозаключенія я узнаю, какія изъ 256 серій комбинацій вытекаютъ изъ каждаго изъ отдѣльныхъ законовъ и тотчасъ же отмѣчаю ихъ какъ найденныя. Затѣмъ я обращаюсь къ какой нибудь другой формѣ закона, напр., A=ABC выражающей, что все, имѣющее качества A, имѣетъ также качества B и C. Я нахожу, что она допускаетъ 24 варьяціи, которыя логически различны; и когда я произведу комбинаціи ихъ, тогда получу возможность отмѣтить еще 24 серіи въ спискѣ 256. Такимъ же способомъ я нахожу результаты каждой формы закона, которую я могу найти или придумать. Если въ ходѣ этой работы я получаю какую-нибудь серію комбинацій, которая была отмѣчена прежде, то я сразу же вижу, что законъ дающій эти комбинаціи логически равнозначенъ какому-нибудь закону разсмотрѣнному прежде. Можно съ увѣренностью предполагать, что всякое видоизмѣненіе, повидимому, новаго закона совпадетъ по значенію съ какимъ-нибудь видоизмѣненіемъ прежняго выраженія того-же закона. Я повѣрялъ это положеніе во многихъ случаяхъ и никогда не бывало, чтобы оно вело къ ошибкѣ. Напр. какъ AB=ABC равнозначно Ac=Abc, такъ и ab=abC равнозначно ac=acB.

Между разсмотрѣнными законами были два, A=AB и A=B, которые содержатъ только два термина, потому что конечно можетъ случиться, что между тремя вещами только двѣ могутъ находиться въ логическомъ отношеніи, а третья можетъ быть независимою; и серіи комбинацій, представляющихъ такіе случаи отношенія, конечно могутъ встрѣчаться въ полномъ перечисленіи. Когда разобраны всѣ отдѣльныя предложенія, которыя я могъ придумать, тогда нужно было разсматривать пары предложеній. Такимъ образомъ мы имѣемъ отношенія «всѣ A суть B и всѣ B суть C», развитіемъ которыхъ былъ старый силлогизмъ. Мы можемъ также имѣть «всѣ A суть всѣ B и всѣ B суть C», или даже «всѣ A суть всѣ B и всѣ B суть всѣ C». Всѣ такія посылки допускаютъ варьяціи въ большемъ или меньшемъ числѣ, логическая отдѣльность которыхъ можетъ быть опредѣлена только подробными пробами. Раздѣлительныя предложенія также нужно разбирать или отдѣльно или парами; но оказывается, что они равнозначны другимъ предложеніямъ простѣйшей формы; такъ A=ABC ·|· Abc имѣетъ совершенно такое же значеніе, какъ AB=AC.

Этотъ способъ исчерпывающаго пробованія имѣетъ нѣкоторую аналогію съ древнимъ математическимъ пріемомъ, извѣстнымъ подъ именемъ Эратосфеноваго сита. Взявши длинный рядъ натуральныхъ чиселъ, Эратосфенъ находилъ послѣдовательно всѣ кратныя каждаго числа и вычеркивалъ ихъ изъ ряда, такъ что въ немъ остались наконецъ первоначальныя числа и были найдены посредствомъ пробованія множителей каждаго числа. Моя задача изъ 256 серій комбинацій представляетъ логическую аналогію этого процесса съ тою разницею, что въ немъ есть граница числу случаевъ и что первоначальныя числа не имѣютъ себѣ аналогіи въ логикѣ, такъ какъ каждая серія комбинацій соотвѣтствуетъ закону или группѣ условій. Но между ними совершенная аналогія въ томъ пунктѣ, что они составляютъ обратные процессы. Нѣтъ другаго способа убѣдиться въ томъ, что какое нибудь число есть первоначальное, кромѣ того, чтобы показать, что оно не есть произведеніе какихъ нибудь возможныхъ множителей. Такъ и здѣсь, нѣтъ другаго способа узнать, какіе законы выражаются въ какой нибудь серіи комбинацій, кромѣ того, чтобы перепробовать законы, отъ которыхъ они могли произойти. Подобно тому, какъ результаты Эритосфеноваго метода были доведены до большихъ размѣровъ и представлены въ таблицѣ для удобства другихъ математиковъ, и я старался довести обратную логическую задачу до крайнихъ размѣровъ, практичныхъ или полезныхъ въ настоящее время.

Такимъ образомъ я нашелъ, что есть всего 15 условій или серій условій, которыя могутъ управлять комбинаціями трехъ терминовъ, образуя посылки изъ 15 существенно различныхъ родовъ доказательства. Слѣдующая таблица содержитъ указаніе этихъ условій вмѣстѣ съ числомъ комбинацій, которыя уничтожаетъ каждое изъ нихъ, противорѣча имъ и числомъ логически отдѣльныхъ варьяцій, которыя допускаетъ законъ. Можно было бы прибавить также какъ 16-й случай тотъ случай, когда не существуетъ никакого логическаго спеціальнаго условія, такъ что остаются всѣ 8 комбинацій.

Такимъ образомъ 63 комбинаціи, происходящія отъ самопротиворѣчащихъ посылокъ вмѣстѣ съ 192, числомъ отдѣльныхъ логическихъ варьяцій, показанныхъ въ третьемъ столбцѣ таблицы, и однимъ случаемъ, гдѣ вовсе нѣтъ никакихъ условій или законовъ, даютъ всю сумму возможнаго числа 256 серій.

Нумера серій или типовъ.	Предложенія выражающія общій типъ логическихъ условій.	Число отдѣльныхъ логическихъ варьяцій.	Число комбинацій уничтожаемыхъ каждымъ.
I.	A=B	6	4
II.	A=AB	12	2
III.	A=B, B=C	4	6
IV.	A=B, B=BC	24	5
V.	A=AB, B=BC	24	4
VI.	A=BC	24	4
VII.	A=ABC	24	3
VIII.	AB=ABC	8	1
IX.	A=AB, *a*B=*a*B*c*	24	3
X.	A=ABC, *ab*=*ab*C	8	4
XI.	AB=ABC, *ab*=*abc*	4	2
XII.	AB=AC	12	2
XIII.	A=BC ·|· A*bc*	8	3
XIV.	A=BC ·|· *bc*	2	4
XV.	A=ABC, *a*=B*c* ·· *b*C	8	5

Мы узнаемъ напр. изъ этой таблицы, что два предложенія формы A=AB, B=BC, которыя составляютъ посылки стараго силлогизма Barbara, исключаемъ какъ невозможныя 4 изъ 8 комбинацій, въ которыя могутъ быть соединены три термина, и что эти предложенія могутъ дать 24 варьяціи перемѣщеніемъ терминовъ или введеніемъ ихъ отрицаній. Такимъ образомъ эта таблица представляетъ результаты полнаго анализа всѣхъ возможныхъ логическихъ отношеній, существующихъ въ случаѣ трехъ терминовъ, и старый силлогизмъ образуетъ только одну изъ 15 типическихъ формъ. Говоря вообще, каждая форма можетъ быть обращена повидимому въ различныя предложенія; такъ четвертый типъ A=B, B=BC можетъ являться въ формѣ A=ABC, a=ab, или еще въ формѣ трехъ предложеній A=AB, B=BC, aB=aBc; но всѣ эти посылки даютъ одинаковыя серіи комбинацій и поэтому равнозначны по логическому значенію. Пятый типъ или Barbara также можетъ быть представленъ въ равнозначныхъ формахъ A=ABC, aB=aBC и A=AC, B=A ·‖· aBC. Въ другихъ случаяхъ я получалъ одинаковыя логическія условія въ четырехъ видахъ положеній. Что касается только вида и формы положеній, то число возможныхъ посылокъ можетъ быть весьма велико и трудно исчерпать ихъ всѣ.

Самый замѣчательный изъ всѣхъ типовъ логическаго условія есть 14, именно A=BC ·|· bc. Онъ выражаетъ раздѣленіе рода на два двояко обозначаемые вида и можетъ быть объясненъ примѣромъ — «составныя части вселенной = матерія, вѣсомая, или не-матерія (эѳиръ) невѣсомая». Онъ способенъ только къ двумъ логически различнымъ варьяціямъ, именно A = BC ·|· bc и A = Bc ·|· bC. Посредствомъ перемѣщенія или отрицательнаго измѣненія буквъ мы можемъ, правда, получить 6 различныхъ выраженій каждаго изъ этихъ предложеній; но если мы анализируемъ ихъ значеніе, разбирая комбинаціи, то найдемъ, что они логически равнозначны той или другой изъ указанныхъ двухъ комбинацій. Такъ предложеніе A = BC ·|· bc можетъ быть написано въ одной какой-нибудь изъ слѣдующихъ пяти другихъ формъ

a = bC ·|· Bc, B = CA ·|· ca, b = cA ·|· Ca, C = AB ·|· ab, c = aB ·|· Ab.

Я не считаю нужнымъ печатать въ настоящее время полную таблицу 193 серій комбинацій и посылокъ, соотвѣтствующихъ каждой изъ нихъ. Разсматриваніе этой таблицы даетъ намъ возможность узнать законы, которымъ слѣдуетъ каждый рядъ комбинацій трехъ вещей, и она для логики тоже, что таблица множителей и первоначальныхъ чиселъ для теоріи чиселъ или таблица интеграловъ для высшей математики. И приведенная мною таблица (стр. 138) даетъ возмомность съ небольшимъ трудомъ открыть законъ всякихъ комбинацій. Если будетъ 7 комбинацій (одна противорѣчивая), то законъ долженъ быть 8 типа и будетъ видно надлежащее его видоизмѣненіе. Если будетъ 6 комбинацій (двѣ противорѣчивыя), то къ нимъ примѣняется или 2 или 11 или 12 типъ и послѣ нѣсколькихъ пробъ будетъ видно, какой надлежащій типъ и видоизмѣненіе. Если будутъ только двѣ комбинаціи, то законъ будетъ третьяго типа и т. д.

Эти изслѣдованія можно считать полными въ томъ, что касается возможныхъ логическихъ отношеній между двумя или тремя терминами. Но если мы попытаемся приложить такого же рода методъ къ отношеніямъ четырехъ или болѣе терминовъ, то трудъ оказывается практически неосуществимымъ. Четыре термина даютъ 16 комбинацій совмѣстныхъ съ законами мысли и число возможныхъ выборовъ комбинацій не менѣе 2^{16} или 65,536. Слѣдующая таблица показываетъ, какъ быстро возрастаетъ число возможныхъ логическихъ отношеній съ увеличеніемъ числа терминовъ.

Число терминовъ.	Число возможныхъ комбинацій.	Число возможныхъ выборовъ комбинацій, соотвѣтствующихъ сообразнымъ или несообразнымъ логическимъ отношеніямъ.
2	4	16
3	8	256
4	16	65,536
5	32	4,294,967,296
6	64	18,446,744,073,709,551,616

Потребовалось бы нѣсколько лѣтъ непрерывнаго труда, чтобы найти типы законовъ, которые могутъ управлять комбинаціями только четырехъ вещей, и только для малой части такихъ законовъ можно было бы подобрать примѣры и найти практическое приложеніе въ наукѣ. Чисто логическая обратная задача, въ которой мы переходимъ отъ комбинацій къ ихъ законамъ, разрѣшена на предшествующихъ страницахъ, насколько она можетъ быть разрѣшена для настоящаго времени, и почти невозможно, чтобы когда-нибудь было сдѣлано дальше болѣе одного шага.

Въ первомъ изданіи этого сочиненія я заявлялъ, что я не могу найти какого-нибудь способа вычислить число случаевъ, въ которыхъ существуетъ несовмѣстность при выборѣ комбинацій изъ логическаго алфавита. Логическая сложность задачи казалась столь большою, что, по моему мнѣнію, оказывались недостаточными обыкновенные способы вычисленія комбинацій и мнѣ казалось единственно возможнымъ методомъ подробное перепробованіе комбинацій. Но это мнѣніе оказалось ошибочнымъ, потому что Р. Б. Гейвардъ изъ Гарроу и В. Г. Брьюэръ вычислили числа несовмѣстныхъ случаевъ для трехъ и четырехъ терминовъ безъ большаго труда. Въ случаѣ четырехъ терминовъ они нашли, что есть 1,761 несовмѣстныхъ выборовъ и 63,774 совмѣстныхъ, что вмѣстѣ съ однимъ случаемъ, гдѣ нѣтъ никакого условія, даетъ въ итогѣ 65,536 возможныхъ выборовъ.

Несовмѣстные случаи распредѣляются такъ, какъ показано въ слѣдующей таблицѣ.

Число остающихся комбинацій.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10,&c.
Число несообразныхъ случаевъ.	1	16	112	322	336	448	224	64	8	0	0,&c.

Если остаются не исключенными болѣе 8 момбинацій логическаго алфавита (стр. 94, столбецъ V), то не можетъ быть несовмѣстности. Полная сумма видовъ выбора 0, 1, 2 и проч. комбинацій изъ 16 дана въ 17 линіи ариѳметическаго треугольника, приведеннаго дальше въ главѣ о сочетаніяхъ и перемѣщеніяхъ, и сумма чиселъ въ этой линіи составляетъ 65,536.

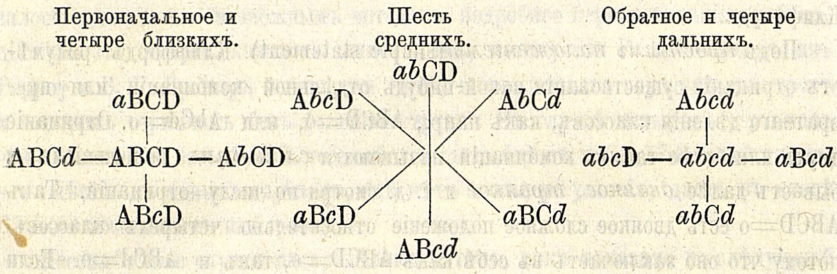
Клиффордъ о типахъ сложнаго положенія, заключающаго четыре класса.

Въ первомъ изданіи этой книги я утверждалъ, что нужно нѣсколько лѣтъ труда, чтобы найти точное число типовъ закона, управляющаго комбинаціями четырехъ классовъ вещей. Хотя я и до сихъ поръ думаю, что требуется нѣсколько лѣтъ труда для того, чтобы найти самые типы, однако оказывается, что было бы ошибочно предполагать, что *число* такихъ типовъ не можетъ быть вычислено съ обыкновеннымъ количествомъ труда, такъ какъ Клиффордъ сдѣлалъ это дѣло. Его числовое рѣшеніе задачи потребовало цѣлой новой системы номенклатуры; но было бы слишкомъ долго описывать ее здѣсь подробно, и потому я представляю здѣсь кратко только его результаты, а за подробностями отошлю читателя къ Proceedings of the Literary and Philosophical Society of Manchester, 9 Jan. 1877, v. XVI, p. 88, гдѣ напечатана статья Клиффорда.

Подъ *простымъ положеніемъ* (simple statement) Клиффордъ разумѣетъ отрицаніе существованія какой-нибудь отдѣльной комбинаціи или превратнаго дѣленія классовъ, какъ напр., ABCD=o, или AbCd=o. Отрицаніе двухъ или болѣе такихъ комбинацій называются *сложнымъ* положеніемъ и бываетъ далѣе *двоякое*, *троякое* и т. д. смотря по числу отрицаній. Такъ ABC=o есть двоякое сложное положеніе относительно четырехъ классовъ, потому что оно заключаетъ въ себѣ какъ ABCD=o, такъ и ABCd=o. Если два положенія могутъ быть превращены одно въ другое посредствомъ обмѣна классовъ между собою A, B, C, D или съ ихъ дополнительными классами a, b, c, d, тогда они называются *подобными* и всѣ подобныя положенія относятся къ одному и тому же *типу*.

Два положенія называются дополнительными, когда каждое изъ нихъ отрицаетъ всѣ 16 комбинацій, но оба вмѣстѣ не отрицаютъ ни одной, или что тоже, когда каждое изъ нихъ отрицаетъ нѣкоторыя изъ комбинацій, существованіе которыхъ допускаетъ другое. Очевидно, что если два положенія подобны, то и дополнительныя положенія также будутъ подобны, и слѣдовательно для каждаго типа n-якаго положенія есть дополнительный типъ (16—n)-якого положенія. Изъ этого слѣдуетъ, что намъ нужно только перечислить типы до 8 порядка; потому что типы болѣе чѣмъ 8-якаго положенія найдутся какъ дополнительные типы въ низшихъ порядкахъ.

Комбинація ABcD можетъ быть обращена въ другую AbCd посредствомъ обмѣна одного или нѣсколькихъ классовъ съ дополнительными классами. Число такихъ измѣненій называется *разстояніемъ*, которое въ данномъ случаѣ есть 2. Въ двухъ подобныхъ сложныхъ положеніяхъ разстояніе отрицаемыхъ комбинацій должно быть одинаково; но когда всѣ разстоянія одинаковы, то изъ этого не слѣдуетъ, что положенія подобны. Однако же есть одинъ примѣръ двухъ неподобныхъ положеній, имѣющихъ одинаковыя разстоянія. Когда разстояніе есть 4, тогда комбинаціи называются *обратными* одна относительно другой и положенія отрицающія ихъ называются обратными, какъ напр., ABCD=o и abcd=o, или AbCd=o, и aBcD=o. Если дана какая-нибудь комбинація, то она называется *первоначальною*, а всѣ другія могутъ быть сгруппированы съ точки зрѣнія отношенія ихъ къ ней слѣдующимъ образомъ: четыре находятся отъ нея на разстояніи 1 и могутъ быть названы *близкими*; шесть находятся на разстояніи 2 и могутъ быть названы *средними*; четыре находятся на разстояніи 3 и могутъ быть названы *дальними*, и, наконецъ, обратныя находятся на разстояніи 4.


Первоначальное и четыре близкихъ.
Шесть среднихъ.
Обратное и четыре дальнихъ.
aBCD
ABCd — ABCD — AbCD
ABcD
abCD
AbcD
AbCd
aBcD
aBCd
ABcd
Abcd
abcD — abcd — aBcd
abCd

Изъ этого видно, что четыре близкія обратны относительно четырехъ дальнихъ и что среднія образуютъ три пары обратныхъ. Каждая близкая или дальняя находится на разстояніи 1 и 3 отъ соотвѣтствующихъ пары среднихъ.

При помощи этой системы номенклатуры Клиффордъ дѣлаетъ подробное перечисленіе всѣхъ типовъ; но мы здѣсь не можемъ слѣдить за нимъ. Но результаты получились слѣдующіе:

1-якія	положенія	1	типъ	159
2 »	»	4	типа	
3 »	»	6	типовъ	
4 »	»	19	»	
5 »	»	27	»	
6 »	»	47	»	
7 »	»	55	»	
8-якія	положенія	78	»	

Но такъ какъ каждое 7-якое или менѣе чѣмъ 7-якое положеніе дополнительно къ 9-якому или болѣе чѣмъ 9-якому положенію, то изъ этого слѣдуетъ, что полное число типовъ будетъ $159\times2+78=396$.

Изъ этого видно, что типовъ положеній относительно четырехъ классовъ только около 26 разъ больше, чѣмъ относительно трехъ классовъ, дающихъ 15, хотя число возможныхъ комбинацій въ 256 разъ больше.

Клиффордъ сообщилъ мнѣ, что знаніе возможныхъ группировокъ подраздѣленій классовъ, достигнутое путемъ разсматриваемыхъ изслѣдованій, принесло ему пользу при нѣкоторыхъ примѣненіяхъ высшихъ эллиптическихъ функцій, придуманныхъ имъ впослѣдствіи. Кейли высказалъ потомъ свое мнѣніе, что изслѣдованія этого рода нужно продолжать на томъ основаніи, что теорія сложныхъ комбинацій имѣетъ отношеніе къ высшей геометріи [1]. Вѣроятно, что впослѣдствіи времени будутъ открыты многія непредвидѣнные пункты связи между логикой и математикой.

Различіе между совершенной и несовершенной индукціей.

Мы не можемъ продолжать далѣе, не указавши здѣсь на ту большую разницу, которая существуетъ между случаями совершенной и несовершенной индукціи. Мы называемъ индукцію *совершенною* тогда, когда разсмотрѣны всѣ предмсты или явленія, которыя могутъ подходить подъ разсматриваемый классъ. Но въ большинствѣ случаевъ невозможно собрать вмѣстѣ или изслѣдовать какимъ-нибудь образомъ свойства всѣхъ частей вещества или всѣхъ индивидуумовъ расы. Число предметовъ можетъ быть практически безконечно и большая часть ихъ могутъ быть недоступны для насъ или находиться въ отдаленныхъ частяхъ вселенной. Во всѣхъ такихъ случаяхъ индукція бываетъ *несовершенною* и представляетъ большую или меньшую степень недостовѣрности. Такъ какъ нѣкоторые писатели впали въ большую ошибку на счетъ функцій и относительной важности этихъ двухъ отраслей умозаключенія, то я долженъ указать здѣсь, что

1) Совершенная индукція есть процессъ безусловно необходимый какъ при дѣйствіи несовершенной индукціи, такъ и при разработкѣ обширной массы фактовъ, наше знаніе которыхъ полно.

2) Несовершенная индукція основывается на совершенной, но заключаетъ въ себѣ другой процессъ умозаключенія очень различнаго характера.

Несомнѣнно, что если я могу вывести какое бы то ни было умозаключеніе относительно предметовъ неизслѣдованныхъ, то это можетъ быть сдѣлано не иначе, какъ на основаніи данныхъ, представляемыхъ изслѣдованными предметами. Если я полагаю, что далекая звѣзда повинуется закону тяготѣнія, то дѣлаю это на томъ основаніи, что всѣ другіе матеріальные предметы достаточно извѣстные мнѣ повинуются этому закону. Если я осмѣливаюсь утверждать, что всѣ отрыгающія жвачку животныя имѣютъ раздвоенныя копыта, то это потому, что всѣ извѣстныя мнѣ отрыгающія жвачку животныя имѣютъ раздвоенныя копыта. Съ другой стороны я не могу съ увѣренностью сказать, что всѣ тайнобрачныя растенія обладаютъ вполнѣ клѣточнымъ строеніемъ, такъ какъ нѣкоторыя явнобрачныя, которыя были изслѣдованы ботаниками, имѣютъ отчасти сосудистое строеніе. Вѣроятность того, что какое-нибудь новое тайнобрачное будетъ клѣточнымъ, можетъ быть опредѣлена, если только это возможно, на основаніи сравненія чиселъ извѣстныхъ тайнобрачныхъ клѣточныхъ и неклѣточныхъ. Такимъ образомъ первый шагъ во всякой индукціи состоитъ въ тщательномъ суммированіи числа примѣровъ частнаго явленія, которое подлежитъ нашему наблюденію. Адамсъ и Леверье, напр., должны были заключить, что неоткрытая планета Нептунъ слѣдуетъ закону Боде, такъ какъ *всѣ извѣстныя въ то время планеты слѣдовали ему.* Какими принципами гарантируется переходъ отъ извѣстнаго къ видимо неизвѣстному, то будетъ тщательно разобрано въ слѣдующемъ параграфѣ и въ разныхъ частяхъ этого сочиненія.

---

[1] Proceedings of the Manch. Liter. and Philosoph. Soc. 6 Febr. 1877, v. XVI, p. 113.

Однако было бы ошибочно предполагать, что совершенная индукція сама по себѣ безполезна. Даже когда перечисленіе предметовъ, относящихся къ какому-нибудь классу, полно и не дозволяетъ никакого заключенія къ неизслѣдованнымъ предметамъ, и тогда выраженіе нашего знанія въ общемъ положеніи есть процессъ такой большой важности, что мы можемъ считать его необходимымъ. Во многихъ случаяхъ наше изслѣдованіе можетъ вполнѣ исчерпать предметъ. Всѣ зубы или кости животнаго, всѣ клѣтки маленькаго растительнаго органа, всѣ пещеры въ склонѣ горы, всѣ пласты геологическаго разрѣза, всѣ монеты, найденныя въ новомъ кладѣ, могутъ быть вполнѣ изслѣдованы, такъ что мы можемъ сдѣлать объ нихъ нѣсколько общихъ положеній, не боясь ошибиться. О каждой кости можетъ быть доказано, что она содержитъ фосфорнокислую известь; также можетъ быть доказано, что каждая клѣтка содержитъ въ себѣ ядро, каждый пластъ представляетъ признаки морскаго происхожденія, и каждая монета есть римскаго издѣлія. Это все случаи, гдѣ наше изслѣдованіе ограничено опредѣленною частью матеріи или опредѣленною площадью земной поверхности.

Но есть другіе случаи, гдѣ индукція естественно и необходимо ограничивается опредѣленнымъ числомъ альтернативъ. О правильныхъ твердыхъ тѣлахъ мы можемъ сказать безъ малѣйшаго сомнѣнія, что ни одно изъ нихъ не можетъ имѣть болѣе 20 плоскостей, 30 реберъ и 20 угловъ; потому что, на основаніи принциповъ геометріи, мы знаемъ, что не можетъ существовать болѣе пяти правильныхъ твердыхъ тѣлъ, на каждомъ изъ которыхъ мы можемъ подтвердить вѣрность сказаннаго положенія. Въ теоріи чиселъ можетъ быть сдѣлано безконечное множество совершенныхъ индукцій; мы можемъ показать, что ни одно число меньшее 60 не имѣетъ столькихъ дѣлителей какъ 60 и что это же вѣрно и относительно 360; потому что не нужно большого труда, чтобы удостовѣриться въ этомъ и сосчитать всѣхъ дѣлителей чиселъ до 60 или до 360. Я могу утверждать, что между 60,041 и 60,077 нѣтъ первоначальнаго числа, потому что это доказали путемъ исчерпывающаго изслѣдованія тѣ, которые составляли таблицы первыхъ чиселъ.

Въ человѣческихъ дѣйствіяхъ или въ исторіи мы можемъ часто имѣть полное ограниченіе числа примѣровъ, входящихъ въ индукцію. Мы можемъ показать, что положенія III книги Эвклида трактуютъ только о кругахъ, что ни въ одной части сочиненій Галена не упоминается о четвертой фигурѣ силлогизма, что ни одинъ изъ королей Англіи не царствовалъ такъ долго, какъ Георгъ III, что magna charta не была отмѣнена никакимъ послѣдующимъ статутомъ, что цѣна на хлѣбъ въ Англіи съ 1847 г. никогда не была столь высока, какъ въ этомъ году, что цѣны англійскихъ фондовъ никогда не падали такъ низко, какъ 23 января 1798 г., когда они упали до $47^1/_4$.

Противъ этого процесса совершенной индукціи возражали, что онъ не даетъ никакого новаго знанія и есть просто суммированіе въ краткой формѣ множества частностей. Но одно только сокращеніе умственнаго труда есть уже одно изъ важнѣйшихъ пособій, которыми мы можемъ пользоваться при пріобрѣтеніи знаній. Способности человѣческаго ума столь ограничены, что множество подробностей одно можетъ препятствовать его прогрессу во многихъ направленіяхъ. Мышленіе было бы невозможно практически, если бы каждый отдѣльный фактъ нужно было мыслить и разбирать отдѣльно. Экономія умственныхъ силъ можетъ считаться однимъ изъ главныхъ условій, отъ которыхъ зависитъ наше высокое умственное положеніе. Математическіе процессы большею частью суть только сокращенія простыхъ дѣйствій сложенія и вычитанія. Изобрѣтеніе логариѳмовъ было однимъ изъ самыхъ поразительныхъ пособій для человѣческихъ силъ; однако оно было просто сокращеніемъ операцій, которыя могли быть производимы и прежде, но съ затратою значительнаго количества труда. Нужно надѣяться, что подобныя пособія для нашихъ способностей будутъ и впередъ являться отъ времени до времени; потому что число математическихъ задачъ, уже рѣшенныхъ, составляетъ только безконечно малую часть тѣхъ, которыя еще ожидаютъ разрѣшенія, такъ какъ оно оказывается неосуществимымъ вслѣдствіе потребнаго для этого большаго количества труда. То же самое мы видимъ и въ другихъ областяхъ мышленія. Если мы не распредѣляемъ, не классифицируемъ и не концентрируемъ фактовъ въ общія истины, то они скоро превышаютъ силы нашей памяти и только запутываютъ насъ. Поэтому совершенная индукція, даже какъ процессъ сокращенія, имѣетъ существенную важность для всякой высшей степени умственной дѣятельности.

Переходъ отъ совершенной къ несовершенной индукціи.

Вопросъ о томъ, на какомъ основаніи мы можемъ съ увѣренностью заключать о будущемъ по настоящему или о природѣ неоткрытыхъ предметовъ по предметамъ, которые мы изслѣдовали нашими чувствами, представляетъ чрезвычайныя трудности. Мы переходимъ отъ совершенной къ несовершенной индукціи, когда позволяемъ себѣ примѣнять наши заключенія повидимому дальше тѣхъ данныхъ, на которыхъ они основаны. Дѣлая такой шагъ, мы пріобрѣтаемъ чистую прибыль и приращеніе нашего знанія, потому что мы узнаемъ природу того, что было неизвѣстно. Мы пожинаемъ тамъ, гдѣ никогда не сѣяли. Мы повидимому получаемъ божескую способность творить знаніе и захватывать нашими умственными руками гораздо дальше сферы нашего наблюденія. И дѣйствительно, я укажу нѣкоторые методы умозаключенія, посредствомъ которыхъ мы въ самомъ дѣлѣ идемъ дальше сферы нашихъ чувствъ и пріобрѣтаемъ точное знаніе, которое никогда не могло быть получено наблюденіемъ; но такого дѣла не можетъ сдѣлать несовершенная индукція. Я рѣшаюсь утверждать, что сама несовершенная индукція не даетъ дѣйствительнаго приращенія нашего знанія въ томъ смыслѣ, какъ это иногда понималось Подобно другимъ случаямъ умозаключенія, она просто раскрываетъ знаніе содержавшееся въ прежнихъ наблюденіяхъ; она выражаетъ формально то, что уже подразумѣвалось въ прежнемъ опытѣ. Она только превращаетъ знаніе, но не творитъ его.

Читатель при чтеніи слѣдующихъ страницъ долженъ постоянно держать въ умѣ ту мысль, что результаты несовершенной индукціи, какъ бы они ни были провѣрены и точны, никогда не могутъ быть болѣе чѣмъ вѣроятными. Мы никогда не можемъ быть увѣрены въ томъ, что въ будущемъ все будетъ идти такъ, какъ въ настоящемъ. Все зависитъ отъ воли Виновника міра; наши умозаключенія имѣютъ силу постольку, поскольку двѣ вещи созданы подобными и поскольку сохраняется неизмѣннымъ механизмъ міра. Всѣ предсказанія, всѣ умозаключенія, идущія дальше данныхъ, имѣютъ только гипотетическій характеръ и выходятъ изъ того предположенія, что новыя явленія будутъ согласны съ условіями открытыми въ нашихъ наблюденіяхъ надъ прежними явленіями. Никакой опытъ конечной продолжительности не можетъ дать исчерпывающаго знанія о тѣхъ силахъ, которыя находятся въ дѣйствіи. Здѣсь есть двоякая неизвѣстность: даже предполагая, что вселенная какъ цѣлое остается неизмѣнною, мы однако же не знаемъ настоящимъ образомъ вселенной, какъ цѣлаго. Мы знаемъ только одну точку въ ея безконечномъ протяженіи и только одинъ моментъ въ ея безконечной продолжительности. Поэтому мы не можемъ быть увѣрены въ томъ, что отъ нашихъ наблюденій не ускользнулъ какой-нибудь фактъ, который сдѣлаетъ то, что будущее будетъ казаться отличнымъ отъ прошедшаго, также какъ мы не можемъ быть увѣрены въ томъ, что будущее дѣйствительно будетъ результатомъ прошедшаго. Поэтому во всѣхъ нашихъ умозаключеніяхъ о неизслѣдованныхъ предметахъ и временахъ мы выходимъ изъ предположеній:

1) Что наши прежнія наблюденія даютъ намъ полное знаніе того, что существуетъ.

2) Что условія вещей, существовавшія прежде, будутъ продолжаться и впредь.

Для разъясненія характера нашихъ знаній о природѣ мы часто будемъ прибѣгать къ сравненію съ баллотировальнымъ ящикомъ, такъ часто употребляемому математиками, пишущими о теоріи вѣроятностей. Природа похожа на баллотировальный безконечный ящикъ, содержимое котораго постоянно вынимается шаръ за шаромъ, и показывается намъ. Наука есть только тщательное наблюденіе послѣдовательности, въ какой представляются шары различнаго характера; мы записываемъ комбинаціи, замѣчаемъ тѣ, которыя повидимому перестаютъ появляться и изъ относительной частоты тѣхъ, которыя появляются, мы заключаемъ о вѣроятномъ характерѣ того, что будетъ при дальнѣйшихъ выниманіяхъ. Но при такихъ обстоятельствахъ вѣрность предсказанія зависитъ отъ двухъ условій:

1) Чтобы мы имѣли полное знаніе объ относительныхъ числахъ шаровъ каждаго рода въ ящикѣ.

2) Чтобы содержаніе баллотировальнаго ящика оставалось неизмѣннымъ

О послѣднемъ предположеніи, или лучше о строеніи вселенной, которое оно разъясняетъ, логикъ или физикъ ничего не можетъ сказать. Такъ какъ возникновеніе вселенной есть актъ, превышающій всякій опытъ и всякое представленіе, то и всякая перемѣна во вселенной или, положимъ, конецъ ея также должны лежать безконечно дальше границъ нашихъ умственныхъ способностей. Никакая наука и никакое умозаключеніе объ этомъ предметѣ не могутъ имѣть силы, потому что не имѣя опыта, мы не имѣемъ основанія и матеріаловъ знанія. Поэтому основной постулятъ всякаго умозаключенія относительно будущаго тотъ, чтобы не было произвольныхъ перемѣнъ въ предметѣ умозаключенія; но о вѣроятности или невѣроятности такой перемѣны наши способности, по моему мнѣнію, не могутъ судить.

Другое условіе индуктивнаго умозаключенія, чтобы мы имѣли приблизительно полное познаніе о комбинаціяхъ, въ которыхъ слѣдуютъ событія, находится до нѣкоторой степени въ нашей власти. Есть отрасли науки, въ которыхъ явленія управляются условіями самаго постояннаго и общаго характера. Въ такихъ случаяхъ мы имѣемъ основаніе думать, что будущее появленіе такихъ явленій можетъ быть вычислено и предсказано. Весь вопросъ здѣсь есть вопросъ о вѣроятности или невѣроятности. Мы оставляемъ область логики и вступаемъ въ ту область, гдѣ число случаевъ становится основаніемъ умозаключенія. Собственно мы не оставляемъ области логики, а оставляемъ только ту часть ея, гдѣ въ результатѣ умозаключенія получается достовѣрность, утвержденіе или отрицаніе и гдѣ согласіе или различіе въ качествахъ служитъ средствомъ умозаключенія. Но съ этихъ поръ число и количество будутъ обыкновенно входить въ наши процессы умозаключенія; и я думаю, что число и количество составляютъ только части большой логической области. Я позволяю себѣ утверждать, что число вполнѣ логично какъ въ своей основной природѣ, такъ и въ своемъ развитіи. Количество во всѣхъ своихъ формахъ есть только развитіе числа. То, что математично, не менѣе логично; оно даже болѣе логично въ томъ смыслѣ, что представляетъ логическіе результаты въ высшей степени сложности и разнообразія.

Поэтому, прежде чѣмъ перейти отъ совершенной индукціи къ несовершенной, я долженъ посвятить часть этого сочиненія разсмотрѣнію логическихъ условій числа. Затѣмъ я воспользуюсь числомъ для опредѣленія разнообразія комбинацій, въ какомъ могутъ представляться естественныя явленія и вѣроятности или невѣроятности ихъ появленія при извѣстныхъ обстоятельствахъ. Въ дальнѣйшихъ частяхъ этого сочиненія я постараюсь установить тѣ положенія, которыя я высказалъ на счетъ несовершенной индукціи и которыя кратко можно выразить такъ:

1) Несовершенная индукція по своимъ матеріаламъ всецѣло основывается на совершенной индукціи.

2) Логическій процессъ, посредствомъ котораго мы переходимъ прямо отъ

изслѣдованныхъ къ неизслѣдованнымъ случаямъ, состоитъ въ обратномъ примѣненіи дедуктивнаго умозаключенія, такъ что весь процессъ умозаключенія есть собственно дедуктивный и бываетъ или прямой или обратный.

3) Результатъ всегда имѣетъ гипотетическій характеръ и никогда не бываетъ болѣе, чѣмъ вѣроятнымъ.

4) Умозаключеніе никогда не даетъ чистой прибыли или приращенія нашего знанія; что мы узнаемъ о будущихъ явленіяхъ или о неизслѣдованныхъ предметахъ есть только нераскрытое содержаніе нашего прежняго знанія, и оно становится тѣмъ менѣе вѣроятнымъ, чѣмъ смѣлѣе распространяется на отдаленные случаи.

КНИГА ВТОРАЯ.

Число, разнообразіе и вѣроятность.

ГЛАВА VIII.

ПРИНЦИПЫ ЧИСЛА.

Пиѳагоръ не безъ основанія представлялъ, что міръ управляется числомъ. Почти во всѣ акты нашего мышленія входитъ число, и поскольку мы можемъ опредѣлять численно, постольку имѣемъ точное и полезное знаніе о вселенной. Кромѣ того, наука о числахъ представляла до сихъ поръ самое обширное и практическое упражненіе въ логикѣ. Изученіе математическихъ формъ было до такой степени свободно и энергично сравнительно съ изученіемъ формъ логики, что математики далеко опередили чистыхъ логиковъ. Въ новѣйше время случилось, что математики снизошли до того, что примѣнили свое алгебраическое орудіе обратно къ разработкѣ первоначальной логической науки. Такимъ образомъ возрожденіемъ логики въ настоящемъ столѣтіи мы обязаны глубокимъ математикамъ, Джону Гершелю, Уэвелю, Де Моргану и Булю. Я не сомнѣваюсь, что только отъ поддерживанія тѣсной связи съ количественнымъ умозаключеніемъ мы должны ожидать дальнѣйшаго прогресса въ нашемъ пониманіи качественнаго умозаключенія.

Однако я не могу согласиться съ общепринятымъ мнѣніемъ, что достовѣрность начинается и оканчивается численнымъ опредѣленіемъ. Ничего не можетъ быть достовѣрнѣе логической истины. Законы тожества и различія суть критеріи всего, что достовѣрно во всей области мышленія, и математическое умозаключеніе убѣдительно только тогда, когда оно согласно съ этими условіями, первое развитіе которыхъ есть логика. И если ошибочно предполагать, что всякая достовѣрность математична, то было бы также ошибкой воображать, что все, что математично, то достовѣрно. Многіе процессы математическаго умозаключенія имѣютъ весьма сомнительную силу. Есть пункты математическаго ученія, которые остаются дѣломъ личнаго мнѣнія; напримѣръ, наилучшая форма опредѣленія и аксіомы относительно параллельныхъ линій или настоящая природа предѣла. При употребленіи символическаго умозаключенія встрѣчаются вопросы, по которымъ расходятся лучшіе математики, какъ напр., Бернулли и Лейбницъ непримиримо разногласили между собою относительно существованія логариѳмовъ отрицательныхъ количествъ [1]. Дѣйствительно, какъ только мы оставляемъ простыя логическія условія числа, тотчасъ же оказываемся среди запутанной и таинственной науки символовъ.

Математическая наука не пользуется монополіей, или даже первенствомъ достовѣрности результатовъ. Изучающаго математику увлекаетъ безграничная ширь и разнообразіе количественныхъ вопросовъ. Тамъ, гдѣ простая логика можетъ дать только голый отвѣтъ *да* или *нѣтъ*, алгебраистъ поднимаетъ множество утонченныхъ вопросовъ и получаетъ кучу любопытныхъ результатовъ. Цвѣтокъ и плодъ, все привлекательное и пріятное достается математику, который слишкомъ часто пренебрегаетъ невзрачнымъ, но необходимымъ стеблемъ, на которомъ все выросло. Но ни въ одной области мышленія мыслитель не можетъ освободиться отъ предварительныхъ условій логической правильности. Математикъ бываетъ силенъ и вѣренъ только тогда, когда онъ бываетъ логиченъ, и если число управляетъ міромъ, то логика управляетъ числомъ.

Почти всѣ авторы страннымъ образомъ смотрѣли на численное умозаключеніе, какъ на нѣчто отдѣльное отъ логическаго умозаключенія. Долгое время продолжалось разъединеніе между качествомъ и количествомъ, и не рѣдко представляли ихъ противоположными по природѣ и примѣнимыми къ совершенно различнымъ отраслямъ мышленія. Но съ своей стороны я думаю, что всѣ науки гдѣ нибудь да соприкасаются между собою. Ни одна часть знанія не можетъ стоять совершенно особнякомъ безъ связи съ другими частями всеобщаго мышленія; и наконецъ невѣроятно, чтобы двѣ большія отрасли отвлеченной науки, участвующія вмѣстѣ и переплетающіяся во всякомъ разсужденіи, стояли на совершенно различныхъ основаніяхъ. Я полагаю, что между ними существуетъ связь и вопросъ можетъ быть только въ томъ, какова эта связь? Опирается ли наука о количествѣ на науку о качествѣ, или наоборотъ, наука о качествѣ основывается на наукѣ о количествѣ? Но можно представить себѣ еще третій взглядъ, что они обѣ основываются на какой нибудь еще болѣе глубокой системѣ принциповъ.

---

[1] Монтюкла, Histoire des Mathematiques, v. III. p. 373.

Обыкновенно думаютъ, что Буль принималъ второй взглядъ и смотрѣлъ на логику, какъ на примѣненіе алгебры, какъ на спеціальный случай аналитическаго умозаключенія, которое допускаетъ только два качества, единицу и нуль. Дѣйствительно, не легко рѣшить ясно, какого изъ этихъ взглядовъ держался Буль. Въ своемъ интересномъ біографическомъ очеркѣ о Булѣ [1]) Герли протестуетъ противъ того мнѣнія, будто логическія вычисленія Буля внесли въ логику условія числа и количества. Онъ говоритъ: „Логика никогда не отожествится и не сольется съ математикой; обѣ системы мышленія совершенно отдѣльны и каждая подчинена своимъ собственнымъ законамъ и условіямъ. Символы одинаковы въ обоихъ системахъ, но они имѣютъ не одинаковое истолкованіе“. Веннъ въ своемъ обзорѣ логической системы Буля [2]) утверждаетъ, что процессы Буля въ ихъ сущности нужно считать логическими, а не математическими, хотя они имѣютъ въ высшей степени общую форму и математическій видъ. Но читатели Буля могли не замѣтить этого и придти къ другому невѣрному заключенію. Не только его логическія сочиненія имѣютъ совершенно математическій видъ, но я нахожу на стран. 12 его Laws of Thought слѣдующее недвусмысленное положеніе: „что логика какъ наука способна къ весьма широкимъ примѣненіямъ, это признано; но также вѣрно и то, что ея послѣдніе процессы и формы нужно считать математическими“. Нѣсколькими строками ниже онъ прибавляетъ: „обращеніе съ идеями числа и количества еще не составляетъ сущности математики“.

Рѣшеніе занимающаго насъ вопроса затрудняется тѣмъ, что Буль употребляетъ терминъ математика въ болѣе обширноиъ смыслѣ, чѣмъ какой обыкновенно придается ему. Вѣроятно онъ принималъ третій взглядъ, такъ что его математическіе Laws of Thought представляютъ общее основаніе какъ логической такъ и количественной математики. Но я не буду дольше останавливаться на этомъ предметѣ, потому что думаю, что въ обоихъ случаяхъ Буль былъ не правъ. По моему мнѣнію логика есть высшая наука, общее основаніе какъ математики такъ и всѣхъ другихъ наукъ. Число есть только логическое различеніе и алгебра есть въ высшей степени развитая логика. Такимъ образомъ легко понять глубокую аналогію, какую Буль указалъ между алгебраическими формами и логической дедукціей. Логика сходна съ математикой, какъ форма сходна съ тѣмъ, что было отлито въ ней. Буль ошибочно принималъ отлитую фигуру за форму. Имѣя въ виду, что логика даетъ свои законы каждой области математической науки, мы не станемъ удивляться тому, что вездѣ въ математическихъ процессахъ встрѣчаются слѣды логическихъ законовъ.

---

[1]) British Quarterly Review, N LXXXV. Jul. 1866.

[2]) Mind; oct, 1876, v. I. p. 484.

Природа числа.

Число есть только другое названіе для *различія*. Точное тожество есть единство, а отъ различія возникаетъ множественность. Отвлеченное понятіе, какъ было уже указано (стр. 27), обладаетъ извѣстною *единичностью*. Качество *справедливости* напр. одно и тоже, въ какомъ бы справедливомъ актѣ оно ни обнаруживалось. Въ самой справедливости нѣтъ никакихъ знаковъ различія, которыми можно было бы отличить одну справедливость отъ другой. Но одинъ справедливый актъ можетъ быть отличенъ отъ другаго справедливаго акта обстоятельствами времени и мѣста и мы можемъ сосчитать нѣсколько актовъ, отличающихся такимъ образомъ одинъ отъ другаго. Подобнымъ же образомъ, чистое золото есть просто чистое золото и какъ такое оно вездѣ одно и тоже. Но независимо отъ своихъ внутреннихъ качествъ, золото занимаетъ пространство и должно имѣть форму и величину. Части золота должны всегда взаимно исключать одна другую и быть способными къ отличенію, и въ этомъ отношеніи они могутъ быть одна безъ другой. Поэтому ихъ можно считать.

Множественность возникаетъ тогда и только тогда, когда мы открываемъ различіе. Напр. считая число золотыхъ монетъ, я долженъ считать каждую монету однажды и не больше какъ однажды. Пусть C обозначаетъ монету, а знакъ сверху ея порядокъ считанія. Тогда я долженъ считать монеты такъ:

$$C' + C'' + C''' + C'''' + \ldots..$$

Если же я захотѣлъ бы считать такъ

$$C' + C'' + C''' + C''' + C'''' + \ldots...,$$

то я долженъ былъ бы считать третью монету дважды и предполагать существованіе различія тамъ, гдѣ его нѣтъ [1]). C''' и C''' суть только названія одной монеты, произнесенныя дважды. Но согласно съ однимъ изъ условій логическихъ символовъ, которое я назвалъ закономъ единичности (стр. 72), повтореніе одного и того же названія не имѣетъ никакого значенія, и

$$A \cdot|\cdot A = A.$$

Мы должны предварительно примѣнить законъ единичности и сократить всѣ тожественныя альтернативы, и тогда только мы уже можемъ считать вѣрно и употреблять процессъ численнаго вычисленія. Тожественныя альтернативы безвредны въ логикѣ, но они никакъ не могутъ быть допущены въ числѣ. Такимъ образомъ логическая наука устанавливаетъ природу математической единицы, опредѣленіе которой можетъ быть дано такое: единица есть какой нибудь предметъ мышленія, который можетъ быть отличаемъ отъ всякаго другаго предмета, разсматриваемаго какъ единица въ той же задачѣ.

---

[1]) Pure Logic, appendix, p. 28 § 192.

Часто говорилось, что единицы суть единицы въ томъ отношеніи, что они совершенно подобны одна другой; но хотя они могутъ быть подобны въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ, однако они должны быть и различны по крайней мѣрѣ въ одномъ пунктѣ, иначе они не были бы способны къ множественности. Если бы три монеты были подобны до такой степени, что занимали бы одно и тоже пространство въ одно и тоже время, то они были бы не тремя монетами, но одною монетою. Свойство пространства состоитъ въ томъ, что каждая точка его отличима отъ всякой другой точки; также и во времени каждый моментъ необходимо отличенъ отъ всякаго другаго, предшествующаго и послѣдующаго. Поэтому мы часто считаемъ въ пространствѣ или времени и Локъ, согласно съ нѣкоторыми другими философами, утверждалъ, что число происходитъ отъ повторенія во времени. Удары маятника могутъ быть совершенно одинаковы, такъ что мы не можемъ замѣтить никакого другаго различія кромѣ того, что одинъ ударяетъ прежде, а другой послѣ. Здѣсь основаніемъ различія служитъ только время и оно есть достаточное основаніе для различенія множественности; но оно никакимъ образомъ не есть единственное основаніе. Три монеты суть три монеты, будемъ ли мы считать ихъ послѣдовательно или смотрѣть на всѣ три одновременно. Во многихъ случаяхъ не можетъ быть основаніемъ различія ни пространство ни время, и тогда намъ можетъ служить для этого только чистое качество. Мы можемъ различать вѣсъ, плотность и твердость золота, какъ три качества, хотя ни одно изъ нихъ не существуетъ прежде или послѣ другаго и не находится ни въ пространствѣ, ни во времени. Каждое средство различенія можетъ быть источникомъ множественности.

Наше логическое обозначеніе можетъ служить для выраженія происхожденія числа. Символъ A означаетъ одну вещь или одинъ классъ и самъ по себѣ можетъ быть разсматриваемъ какъ единица, потому что не дается никакого различія. Но комбинаціи AB и Ab необходимо суть *два*, потому что они не могутъ слиться логически и знакъ B отличаетъ одну изъ нихъ отъ другой. Логическое опредѣленіе числа *четыре* дается въ комбинаціяхъ ABC, ABc, AbC, Abc, гдѣ есть двойное различіе. Какъ говоритъ Покъ

> «Только три? но является еще одинъ;
> По два того и другаго рода составляютъ четыре».

Я думаю, что всѣ числа могутъ быть представлены происходящими изъ логическаго алфавита выдѣленіемъ больше или меньше частей изъ каждой комбинаціи по разнымъ логическимъ условіямъ. Число три, напр., происходитъ отъ условія, что A должно быть или B или C, такъ что комбинаціи суть ABC, ABc, AbC.

О численномъ отвлеченіи.

Не трудно составить себѣ понятіе о природѣ численнаго отвлеченія. Оно состоитъ въ отвлеченіи характера различія, дающаго происхожденіе множественности и удержаніи его просто какъ факта. Когда я говорю *три человѣка*, то мнѣ нѣтъ надобности сейчасъ же характеризовать знаки, по которымъ каждый можетъ быть отличенъ отъ другаго. Эти знаки должны существовать, если это дѣйствительно три человѣка, а не одинъ и тотъ же человѣкъ, и говоря о нихъ, какъ о нѣсколькихъ, я предполагаю существованіе требуемыхъ различій. Такимъ образомъ отвлеченное число есть *пустая* (ненаполненная) *форма различія*; отвлеченное число *три* утверждаетъ существованіе знаковъ, не опредѣляя ихъ рода.

Поэтому численное отвлеченіе представляется процессомъ отличнымъ отъ логическаго отвлеченія (стр. 26), потому что въ этомъ послѣднемъ процессѣ мы выдѣляемъ изъ мысли самое существованіе различія и множественности. Образуя отвлеченное понятіе *твердость*, мы совершенно игнорируемъ различныя обстоятельства, среди которыхъ можетъ являться это качество. Только конкретное понятіе *три твердыхъ предмета* утверждаетъ существованіе твердости рядомъ съ другими неопредѣленными качествами, достаточными для того, чтобы обозначить *три* такихъ предмета. Численное мышленіе тѣсно переплетено съ логическимъ мышленіемъ. Мы не можемъ употреблять конкретнаго термина во множественномъ числѣ, напр., *люди*, не предполагая, что существуютъ знаки различія. Но когда мы употребляемъ отвлеченный терминъ, мы имѣемъ дѣло съ единичностью.

Теперь и видно начало большей общности числа. Три звука отличаются отъ трехъ цвѣтовъ, или три всадника отъ трехъ лошадей; но они сходны между собою относительно различія знаковъ, по которымъ ихъ можно отличать. Символъ $1+1+1$ суть такимъ образомъ пустые знаки, утверждающіе существованіе различія. Но оставляя безъ вниманія характеръ различій, мы даемъ происхожденіе новымъ сходствамъ, на которыхъ основывается математическое мышленіе. Численное отвлеченіе не только не можетъ быть несовмѣстнымъ съ логическимъ отвлеченіемъ, но оно есть начало нашихъ обширнѣйшихъ актовъ обобщенія.

Конкретное и отвлеченное число.

Мы можемъ легко установить обыкновенное различіе между конкретными (именованными) и отвлеченными числами. По мѣрѣ того, какъ мы частнѣе опредѣляемъ логическій характеръ исчисляемыхъ вещей, мы дѣлаемъ ихъ конкретными. Въ отвлеченномъ числѣ *три* нѣтъ никакого указанія на пункты, въ которыхъ сходны между собою три предмета; но въ *три монеты*, *три человѣка* или *три лошади* не только исчисляются предметы, но и опредѣляется ихъ природа. Поэтому конкретное число заключаетъ въ себѣ такое же понятіе о различіи, какъ и отвлеченное число, но къ нему присоединяется еще и основаніе сходства, выражаемое логическими терминами. Сходство бываетъ постольку, поскольку присоединяются логическіе термины; различіе же бываетъ постольку, поскольку есть только численные термины.

Теперь ясно основаніе важнаго закона однородности. Этотъ законъ утверждаетъ, что въ каждомъ ариѳметическомъ вычисленіи логическая природа исчисляемыхъ вещей должна оставаться неизмѣнною. Спеціализированное логическое сходство должно оставаться нетронутымъ неспеціализированными численными различіями. Вычисленіе было бы очевидно нелѣпымъ, если бы начавшись длиною дало результатъ въ часахъ. Также было бы нелѣпо съ чисто ариѳметической точки зрѣнія выводить площади изъ вычисленія длины, массы изъ соединенія объема и плотности, или количество движенія изъ массы и скорости. Мы предоставляемъ себѣ впослѣдствіи обсудить, въ какомъ смыслѣ мы можемъ вѣрно сказать, что два линейные фута, помноженные на два линейные фута, даютъ четыре квадратныхъ фута поверхности; но ариѳметически это нелѣпо, такъ какъ здѣсь есть измѣненіе единицы.

Какъ общее правило въ каждомъ вычисленіи, мы имѣемъ дѣло съ предметами только одной природы. Мы не соединяемъ, да собственно и не можемъ соединить въ одну сумму футы полотна и фунты сахару. Мы даже не можемъ представить себѣ результата сложенія площади со скоростью, или длины съ плотностью, или вѣса съ цѣною. Слагаемыя единицы должны имѣть основаніе однородности или должны сводиться къ какому-нибудь общему знаменателю. Тѣмъ не менѣе, возможно трактовать, что и бываетъ обыкновенно, въ одномъ сложномъ вычисленіи самыя разнородныя качества подъ условіемъ, чтобы каждый родъ предметовъ держался отдѣльно и разработывался численно только въ соединеніи съ предметами того же рода. Различныя единицы, насколько спеціализированы ихъ логическія различія, никогда не могутъ замѣстить одна другую. Химики постоянно употребляютъ уравненія, которыя утверждаютъ равнозначность группъ атомовъ. Обыкновенное броженіе выражается формулой

$$C^6H^{12}O^6 = 2C^2H^6O + 2CO_2.$$

Три рода единицъ, т. е. атомы углерода, водорода и кислорода, перемѣшаны; но здѣсь на самомъ дѣлѣ есть отдѣльное уравненіе для каждаго рода атомовъ. Математики также употребляютъ сложныя уравненія такого же рода, потому что въ $a + b\sqrt{-1} = c + d\sqrt{-1}$ невозможно обыкновеннымъ сложеніемъ сложить a съ $b\sqrt{-1}$. Поэтому мы на дѣлѣ имѣемъ отдѣльныя выраженія $a = b$ и $c\sqrt{-1} = d\sqrt{-1}$. Подобнымъ же образомъ уравненіе между двумя кватерніонами равнозначно четыремъ уравненіямъ между обыкновенными количествами, откуда и самое названіе *кватерніонъ*.

Аналогія между логическими и численными терминами.

Если вѣрно мое положеніе, что число возникаетъ изъ логическихъ условій, то мы должны найти, что число повинуется всѣмъ законамъ логики. Почти излишне указывать, что это такъ и есть относительно основныхъ законовъ тожества и различія, и остается только показать, что и математическіе символы подчиняются спеціальнымъ условіямъ логическихъ символовъ, которыя были указаны прежде (стр. 31). Такъ законъ коммутативности одинаково вѣренъ какъ относительно качества, такъ и количества. Какъ въ логикѣ мы имѣемъ

$$AB = BA,$$

такъ и въ математикѣ общеизвѣстно, что

$$2 \times 3 = 3 \times 2, \text{ или } xxy = yxx.$$

Свойства пространства столь же безразличны въ умноженіи, какъ мы нашли ихъ безразличными въ чистомъ логическомъ мышленіи.

Подобно этому какъ въ логикѣ

Треугольникъ или квадратъ = квадратъ или треугольникъ,

или вообще $A \cdot|\cdot B = B \cdot|\cdot A$,

такъ и въ количествѣ $2 + 3 = 3 + 2$,

или вообще $x + y = y + x$.

Знакъ ·|· не тожественъ съ +, но онъ здѣсь аналогиченъ съ нимъ.

Но до какой степени вѣрно то, что и математическіе символы повинуются закону простоты, выраженному въ формѣ

$$AA = A,$$

или въ примѣрѣ

круглый круглый = круглый?

Повидимому, есть только два числа, которыя повинуются этому закону; потому что очевидно, что

$$x \times x = x$$

вѣрно только въ двухъ случаяхъ, когда $x=1$, или $x=0$.

Въ дѣйствительности же всѣ числа повинуются этому закону, потому что $2 \times 2 = 2$ не аналогично $AA = A$. Согласно съ даннымъ выше опредѣленіемъ единицы, каждая единица отличается отъ всякой другой въ той же задачѣ, такъ что въ $2' \times 2''$ первое *два* выражаетъ нѣчто отличное отъ другаго *два*. Напримѣръ, я получаю четыре рода вещей, если сначала различаю «тяжелый и свѣтлый», а потомъ «кубическій и сферическій», потому что мы имѣемъ теперь слѣдующіе четыре класса

тяжолый, кубическій.	свѣтлый, кубическій.
тяжолый, сферическій.	свѣтлый, сферическій.

Но предположимъ, что наши два класса въ обоихъ случаяхъ различаются однимъ и тѣмъ же отличіемъ свѣтлаго и тяжолаго, тогда мы имѣемъ

тяжолый тяжолый=тяжолый
тяжолый свѣтлый=о
свѣтлый тяжолый=о
свѣтлый свѣтлый=свѣтлый.

Такимъ образомъ (тяжолый или свѣтлый)×(тяжолый или свѣтлый)=(тяжолый или свѣтлый).

Кратко сказать, *дважды два есть два*, если только мы не придаемъ второму два значенія отличнаго отъ перваго. Но при такихъ условіяхъ и логическіе термины дали бы такой же результатъ, и въ логикѣ нельзя сказать, что $A'A'' = A'$, когда A'' отлично по значенію отъ A'.

Подобнымъ же образомъ можно показать, что законъ единичности

$$A \cdot|\cdot A = A.$$

оказывается одинаково вѣрнымъ, какъ относительно логическихъ, такъ и математическихъ терминовъ. Конечно, нельзя было бы сказать, что

$$x + x = x$$

исключительно одного случая, когда $x =$ абсолютному нулю. Но это противорѣчіе $x + x = x$ происходитъ оттого, что по нашему опредѣленію единица въ одномъ x отлична отъ единицы въ другомъ. При такихъ обстоятельствахъ законъ единичности непримѣнимъ. Потому что въ

$$A' \cdot|\cdot A'' = A'$$

мы подразумѣваемъ, что A'' въ какомъ-нибудь отношеніи отлично отъ A', и потому утвержденіе тожества между ними ложно.

Поэтому противоположность, повидимому существующая между логическими и математическими символами, есть только кажущаяся. Законы простоты и единичности должны соблюдаться всегда въ операціяхъ счета, а потому и кажется, будто они не имѣютъ дальнѣйшаго примѣненія. Это постоянное соблюденіе этихъ законовъ есть подразумѣваемое условіе, подъ которымъ мы употребляемъ всѣ числовые символы. Когда я пишу символъ 5, я собственно разумѣю

$$1+1+1+1+1$$

и всегда ясно подразумѣвается, что каждая изъ этихъ единицъ отлична отъ всѣхъ другихъ. Собственно я долженъ былъ бы обозначить ихъ такъ

$$1'+1''+1'''+1''''+1'''''.$$

Но еслибы этого не было и еслибы всѣ единицы были одинаковы

$$1'+1'+1'+1'+1',$$

тогда къ нимъ примѣнялся бы законъ единичности и тогда было бы

$$1'+1'=1'.$$

Слѣдовательно, математическіе символы подчиняются всѣмъ законамъ логическихъ символовъ; но два изъ этихъ законовъ кажутся непримѣнимыми къ этимъ символамъ, потому что они уже предполагаются въ самомъ опредѣленіи математической единицы. Значитъ, логика постановляетъ условія числа, и ариѳметика развившаяся въ нѣсколько удивительныхъ отдѣловъ математическаго вычисленія есть только дальнѣйшее разрастаніе логическаго различенія.

Принципъ математическаго умозаключенія.

Общій принципъ всякаго умозаключенія, какъ я показалъ, состоитъ въ возможности замѣщать подобное подобнымъ. Затѣмъ намъ слѣдуетъ показать что въ математическихъ наукахъ этотъ принципъ заключается въ каждомъ шагѣ умозаключенія. Дѣйствительно, въ этихъ наукахъ мы встрѣчаемъ самые ясные случаи замѣщенія или подстановки и простота, съ какою этотъ принципъ могъ быть примѣняемъ, вѣроятно и была причиною ранняго усовершенствованія геометріи и ариѳметики. Эвклидъ и греческіе математики съ самаго начала признали *равенство* основнымъ отношеніемъ въ количественномъ мышленіи, но Аристотель отвергъ совершенно аналогичное, но гораздо болѣе общее отношеніе тожества и такимъ образомъ изувѣчилъ формальную логику, и въ этомъ изувѣченномъ видѣ она сохранилась до настоящаго времени.

Геометрическое умозаключеніе исходитъ изъ той аксіомы, что «вещи равныя одной и той же вещи равны одна другой». Два равенства даютъ намъ возможность заключить къ третьему равенству; и это вѣрно не только о линіяхъ и углахъ, но также о площадяхъ, объемахъ, числахъ, промежуткахъ времени, силахъ, скоростяхъ, степеняхъ напряженности, словомъ обо всемъ, что можетъ быть равнымъ или неравнымъ. Двѣ звѣзды, равныя по блеску одной и той же звѣздѣ, должны быть одинаковы по блеску одна съ другой и двѣ силы равныя по напряженію третьей силѣ должны быть одинаковы по напряженію одна съ другой. Замѣчательно, что Эвклидъ не выразилъ формально двухъ другихъ аксіомъ, истина которыхъ подразумѣвалась въ первой. Вторая аксіома должна была бы быть такова «двѣ вещи, изъ которыхъ одна равна, а другая неравна третьей общей вещи, неравны между собою». Словомъ, равенство и неравенство даютъ неравенство и это, подобно первой аксіомѣ, одинаково вѣрно относительно всѣхъ родовъ количества. Если, напримѣръ, Венера сходна по плотности съ Марсомъ, но Марсъ отличенъ отъ Юпитера, то значитъ и Венера несходна по плотности съ Юпитеромъ. Третья аксіома должна была бы имѣть такой видъ, «вещи неравныя одной и той же вещи могутъ быть или равны или неравны одна другой». Два неравенства не даютъ основанія для какого бы то ни было умозаключенія. Если мы, напр., знаемъ только, что Меркурій и Юпитеръ отличны по плотности отъ Марса, то мы еще не можемъ сказать, сходны ли они или несходны между собою. На дѣлѣ они несходны; но съ другой стороны Венера и Марсъ несходны съ Юпитеромъ, однако имѣютъ близкое сходство между собою. Смыслъ этихъ аксіомъ можно разъяснить до очевидности, начертивши равныя или неравныя линіи[1]).

Общее заключеніе можно вывести такое, что гдѣ есть равенство, тамъ можетъ быть умозаключеніе, но гдѣ нѣтъ равенства, тамъ не можетъ быть умозаключенія. Простая индукція можетъ привести насъ къ мысли, что равенство есть условіе умозаключенія относительно количества. Всѣ три аксіомы могутъ быть сведены въ одну, имѣющую такой видъ, «въ какомъ бы отношеніи ни находилось одно количество къ другому, оно находится въ такомъ же отношеніи и къ количеству равному этому другому».

Дѣятельной силой всегда бываетъ замѣщеніе равныхъ и только случайно въ парѣ равенствъ мы можемъ произвести замѣщеніе двумя способами. Изъ $a = b = c$ мы можемъ заключить, что $a = c$ или посредствомъ замѣщенія въ $a = b$ величины b равной ей и данной въ $b = c$, или посредствомъ замѣщенія въ $b = c$ величины b равной ей и данной въ $a = b$. Въ $a = b \sim d$ мы можемъ сдѣлать только одно замѣщеніе, b замѣстить a. Въ $e \sim f \sim g$ мы не можемъ сдѣлать замѣщенія и не можемъ получить никакого заключенія.

---

[1]) Elementary Lessons in Logic, p. 122. Въ предисловіи ко 2-му изданію настоящаго сочиненія указано, что подобные же взгляды были уже отчасти высказаны Лейбницомъ.

Въ математикѣ отношенія, въ какихъ термины могутъ находиться другъ къ другу, гораздо разнообразнѣе, чѣмъ въ чистой логикѣ, однако нашъ принципъ замѣщенія всегда оказывается вѣрнымъ. Мы можемъ сказать въ самой общей формѣ, что «въ какомъ бы отношеніи одно количество ни находилось къ другому, оно находится въ такомъ же отношеніи и къ количеству, равному этому другому». Въ этой аксіомѣ мы соединяемъ нѣсколько аксіомъ, которыя болѣе или менѣе подробно формулируются въ алгебрѣ. Такъ, «если равныя количества будутъ прибавлены къ равнымъ, то суммы также будутъ равныя». Чтобы объяснить это, положимъ

$$a = b \qquad c = d.$$

Но $a + c$, что бы оно ни означало, должно быть тождественно само съ собою, такъ что

$$a + c = a + c.$$

Замѣстимъ количества въ одной части этого уравненія ихъ равнозначными и мы этимъ докажемъ аксіому

$$a + c = b + d.$$

Подобная аксіома относительно вычитанія также очевидна, потому что, чтобы ни означало $a - c$, оно равно $a - c$, а потому послѣ замѣщенія $b - d$. Далѣе, «если равныя количества будутъ помножены на тѣже самыя или на равныя количества, то и произведенія будутъ равныя». Ибо очевидно

$$ac = ac,$$

и если въ одной части мы замѣтимъ c равнымъ ему d, то получимъ

$$ac = ad,$$

а второе подобное же замѣщеніе даетъ намъ

$$ac = bd.$$

Совершенно такимъ же образомъ мы можемъ доказать подобную аксіому и относительно дѣленія. Я могъ бы еще увеличить списокъ аксіомъ и сказать, что «одинаковыя степени равныхъ количествъ также равны». Потому что, конечно, что бы ни означало $a \times a \times a$, оно равно $a \times a \times a$; поэтому, послѣ нашего обыкновеннаго замѣщенія оно равно $b \times b \times b$. Тоже самое вѣрно и относительно корней чиселъ и $\sqrt[c]{a} = \sqrt[d]{b}$, если только корни взяты такъ, что корень a такъ относится къ a, какъ корень b къ b. И двусмысленность значенія этого дѣйствія нисколько не нарушаетъ общности принципа.

Мы можемъ идти дальше и утверждать, что не только указанныя обыкновенныя отношенія, но и всѣ другія извѣстныя или возможныя математическія отношенія слѣдуютъ тому же принципу. Пусть $\mathfrak{Q}a$ означаетъ въ самой общей формѣ, что мы дѣлаемъ нѣчто съ количествомъ a; тогда если $a = b$, то изъ этого будетъ слѣдовать, что

$$\mathfrak{Q}a = \mathfrak{Q}b.$$

Читатель припомнитъ также, что одна изъ самыхъ частыхъ операцій въ математическомъ умозаключеніи состоитъ въ томъ, чтобы замѣщать одно количество равнымъ ему другимъ, которое извѣстно намъ по предполагаемымъ, естественнымъ или самоочевиднымъ условіямъ. Какъ только количество встрѣчается въ задачѣ два раза, то мы можемъ то, что мы узнали объ его отношеніяхъ въ одномъ мѣстѣ, примѣнить къ его отношеніямъ въ другомъ. Поэтому всякое умозаключеніе какъ въ математикѣ, такъ и въ другихъ отрасляхъ науки, основывается на принципѣ трактованія равныхъ одинаково, или подобныхъ подобно. Какъ бы мы ни употребляли количественное умозаключеніе въ послѣдующихъ частяхъ этого сочиненія, но мы никогда не измѣнимъ простому принципу, на которомъ мы его основали съ самаго начала.

Умозаключеніе неравенствами.

Я доказалъ, что всѣ процессы математическаго умозаключенія могутъ быть выведены изъ принципа замѣщенія. Но при употребленіи неравенствъ представляется повидимому исключеніе изъ этого положенія. Что больше большаго, то несомнѣнно больше, и что меньше меньшаго, то несомнѣнно меньше. Сноудонъ выше чѣмъ Врекинъ, а Бенъ Невисъ чѣмъ Сноудонъ; слѣдовательно, Бенъ Невисъ выше чѣмъ Врекинъ. Но небольшое размышленіе открываетъ намъ достаточное основаніе думать, что даже въ такихъ случаяхъ, гдѣ равенство не входитъ явно, сила умозаключенія всецѣло зависитъ отъ лежащихъ въ его основаніи или предполагаемыхъ равенствъ.

Во 1-хъ, два положенія простаго различія не даютъ никакого основанія для умозаключенія. Мы ничего не узнаемъ объ относительной высотѣ церкви св. Павла и вестминстерскаго аббатства изъ того положенія, что они обѣ отличаются по высотѣ отъ собора Петра въ Римѣ. Намъ нужно нѣчто болѣе чѣмъ неравенство; намъ нужно еще одно тожество, именно тожество въ направленіи двухъ различій. Поэтому мы не можемъ пользоваться неравенствами такъ просто, какъ мы пользуемся равенствами, и когда мы пытаемся выразить, какія же требуются другія условія, то находимъ, что намъ нужны равенства или тожества.

Во 2-хъ, каждый аргументъ посредствомъ неравенствъ мы можемъ выразить въ формѣ равенства. Мы выражаемъ, что a больше чѣмъ b посредствомъ уравненія

$$a = b + p, \qquad (1)$$

гдѣ p есть въ сущности положительное количество, обозначающее разницу между a и b. Подобнымъ же образомъ мы можемъ выразить, что b больше чѣмъ c уравненіемъ

$$b = c + q, \qquad (2)$$

и подставляя вмѣсто b въ (1) его величину въ (2), мы имѣемъ

$$a = c + q + p. \qquad (3)$$

Но p и q оба положительны, и потому a больше чѣмъ c и мы значитъ опредѣлили точно количество разности. Легко видѣть, что заключеніе относительно того, что меньше меньшаго также получится въ уравненіи формы

$$c = a - r - s.$$

Каждый аргументъ посредствомъ неравенствъ можетъ быть переведенъ къ форму равенства; но обратное невозможно. Мы не можемъ доказать, что два количества равны, тѣмъ, если будемъ только утверждать, что они больше или меньше другаго количества. Изъ $e > f$ и $q > f$ или $e < f$ и $g < f$ мы не можемъ вывести никакого отношенія между e и g. И если читатель возьметъ уравненія $x = y = 3$ и попытается доказать, что слѣдовательно $x = 3$ посредствомъ обращенія ихъ въ неравенство, то увидитъ, что это невозможно.

Изъ этихъ соображеній я вывожу, что умозаключеніе посредствомъ неравенствъ въ ариѳметикѣ или алгебрѣ есть только не вполнѣ выраженное умозаключеніе посредствомъ равенствъ, и когда намъ нужно точно и ясно представить условія умозаключенія, тогда мы должны прямо употреблять равенства. Какъ въ чистой логикѣ отрицательное предложеніе, выражающее только различіе, не можетъ быть основаніемъ для умозаключенія, такъ точно и неравенство никогда не бываетъ настоящимъ основаніемъ для умозаключенія. Я не отрицаю, что утвержденіе и отрицаніе, сходство и различіе, равенство и неравенство представляютъ пары одинаково основныхъ отношеній; но я утверждаю, что умозаключеніе возможно только тамъ, гдѣ прямо находится или подразумѣвается утвержденіе, сходство или равенство, словомъ, какой-нибудь видъ тожества.

Ариѳметическое умозаключеніе.

Съ перваго раза можетъ показаться, будто я впадаю въ противорѣчіе, утверждая, что число возникаетъ изъ различія или различенія и въ то же время высказывая положеніе, что на различіи не можетъ основываться никакое умозаключенiе. Само собою разумѣется, что число представляетъ обширное поле для умозаключенiя и небольшое размышленiе показываетъ, что это происходитъ отъ безграничнаго числа тожествъ, возникающихъ изъ численнаго отвлеченiя. Если 6 человѣкъ сидятъ на 6 креслахъ, то въ логическомъ характерѣ нѣтъ сходства между креслами и людьми. Но если вы оставите безъ вниманiя всѣ качества какъ кресла такъ и человѣка и будете только помнить, что есть знаки, по которымъ каждое изъ 6 креселъ можетъ быть отличено отъ другихъ и тоже самое относительно людей, тогда возникаетъ сходство между креслами и людьми и это сходство въ числѣ можетъ быть основанiемъ умозаключенiя. Если въ другомъ случаѣ кресла будутъ заняты другими людьми, то мы можемъ заключить, что эти люди сходны съ другими въ числѣ, хотя бы они были несходны во всѣхъ другихъ отношенiяхъ.

Въ ариѳметикѣ мы имѣемъ дѣло собственно съ группами единицъ. Число *пять* въ дѣйствительности есть $1 + 1 + 1 + 1 + 1$, но для большей ясности мы замѣняемъ ихъ болѣе компактнымъ знакомъ 5 или названiемъ *пять*. Когда эти названiя даны какимъ-нибудь произвольнымъ образомъ, то возникаетъ безконечное разнообразiе отношенiй между ними, которыя уже ни въ какомъ случаѣ не произвольны. Если мы опредѣлимъ *четыре* какъ $1 + 1 + 1 + 1$ и *пять* какъ $1 + 1 + 1 + 1 + 1$, тогда конечно будетъ слѣдовать, что *пять* = *четыре* + 1; но было бы также возможно взять это послѣднее уравненiе какъ опредѣленiе, и въ такомъ случаѣ одно изъ прежнихъ равенствъ стало бы умозаключенiемъ. Едва ли и нужно разъяснять, какимъ образомъ мы опредѣляемъ названiе чиселъ, если мы только вспомнимъ, что изъ неопредѣленно многочисленныхъ отношенiй одного числа къ другимъ одно какое-нибудь отношенiе выраженное въ равенствѣ должно быть опредѣленiемъ этого числа, и тогда другiя отношенiя его вытекаютъ немедленно какъ необходимыя заключенiя.

Въ наукѣо числѣ разнообразiе классовъ, которые можно составить, безконечно, и положенiя самой совершенной общности могутъ встрѣчать затрудненiя или подлежать исключенiямъ только на нижнемъ концѣ скàлы. Напр., каждое существующее число относится къ классу $m + 7$, т. е. каждое число можетъ быть суммою другаго числа и 7, исключая, конечно, первыхъ шести или семи чиселъ и не принимая въ соображенiе отрицательныхъ количествъ. Каждое число есть половина какого-нибудь другаго числа и т. д. Математическiя истины представляютъ безконечно обширный предметъ для обобщенiя. Въ числѣ мы имѣемъ только первый шагъ въ обширной серiи обобщенiй. Подобно тому, какъ число есть нѣчто общее сравнительно съ отдѣльными исчисляемыми вещами, такъ мы имѣемъ и общiе символы для чиселъ и общiе символы для отношеній между неопредѣленными числами. Существуетъ безграничная лѣстница послѣдовательныхъ обобщеній.

Численно опредѣленное умозаключеніе.

Де-Морганъ первый открылъ, что есть много дѣйствительныхъ аргументовъ, которые содержатъ въ себѣ логическое и численное умозаключеніе, хотя они и не могутъ быть подведены подъ старыя логическія формулы. Онъ развилъ доктрину «численно опредѣленнаго силлогизма», вполнѣ разъясненную имъ въ его Formal Logic (p. 141—170). Буль также много занимался опредѣленіемъ того, что онъ называлъ «логическими условіями», разумѣя подъ этимъ численныя условія логическихъ классовъ. Въ статьѣ, напечатанной въ Memoirs of the Manchester Literary and Philosophical Society, 3 ser. v. IV. p. 330 (ses. 1869—70) я указалъ, что мы можемъ примѣнить ариѳметическое вычисленіе къ логическому алфавиту. Когда даны извѣстныя логическія условія и число предметовъ въ извѣстныхъ классахъ, то мы можемъ или опредѣлить число предметовъ въ другихъ классахъ, управляемыхъ этими условіями, или показать, какія требуются дальнѣйшія данныя для опредѣленія ихъ. Какъ примѣръ этого рода вопросовъ, разрѣшаемыхъ въ численной логикѣ, и способа ихъ рѣшенія, я представляю слѣдующую задачу, придуманную Де Морганомъ съ моимъ способомъ ея рѣшенія.

«На каждаго мужчину въ домѣ приходится пожилое лицо; нѣкоторые изъ мужчинъ — не пожилые. Слѣдовательно нѣкоторыя лица въ домѣ не мужчины» [1]).

Возьмемъ

A = лицо въ домѣ
B = мужчина
C = пожилой.

Заключая логическій символъ въ скобки, мы обозначаемъ число предметовъ, относящихся къ классу, обозначенному символомъ. Такъ

(A) = число лицъ въ домѣ
(AB) = число мужчинъ въ домѣ,
(ABC) = число пожилыхъ мужчинъ въ домѣ

и т. д. Если мы возьмемъ w и w' для обозначенія неизвѣстныхъ чиселъ, то условія задачи согласно съ моимъ истолкованіемъ знаковъ будетъ

$$(AB) = (AC) - w, \qquad (1)$$

---

[1]) Syllabus of a Proposed System of Logic, p. 29.

т. е. число пожилыхъ лицъ въ домѣ по меньшей мѣрѣ равно числу мужчинъ и можетъ быть больше его.

$$(ABc) = w', \qquad (2)$$

т. е. число мужчинъ въ домѣ не пожилыхъ равно нѣкоторому неизвѣстному положительному количеству.

Если мы разовьемъ термины въ (1) по закону двойственности (стр. 74, 81, 89), то получимъ

$$(ABC) + (ABc) = (ABC) + (AbC) - w.$$

Отнимая отъ каждой стороны общій терминъ (ABC) и подставляя вмѣсто (ABc) его величину данную во (2), мы сразу же получаемъ

$$(AbC) = w + w',$$

а прибавивъ къ каждой сторонѣ (Abc), мы получаемъ

$$(Ab) = (Abc) + w + w'.$$

Смыслъ этого результата тотъ, что число не мужчинъ въ домѣ по меньшей мѣрѣ равно $w + w'$ и больше его на число лицъ въ домѣ, которыя не мужчины и не пожилыя (Abc).

Нужно замѣтить, что это рѣшеніе примѣняется только къ терминамъ приведеннаго примѣра, но не къ общей задачѣ, для разъясненія которой оно служитъ у Де Моргана.

Какъ второй примѣръ возьмемъ слѣдующій вопросъ: Все число вотировавшихъ избирателей въ мѣстечкѣ есть a; число тѣхъ, противъ которыхъ возражали либералы, было b; а число тѣхъ, противъ которыхъ возражали консерваторы, было c; требуется узнать число тѣхъ, противъ которыхъ возраженія представлялись съ обоихъ сторонъ. Возьмемъ

A = вотирующій избиратель
B = противъ кого возражали либералы
C = противъ кого возражали консерваторы;

поэтому здѣсь требуется опредѣлить величину (ABC). Слѣдующее уравненіе будетъ вѣрное тожество

$$(ABC) = (AB) + (AC) + (Abc) - (A). \qquad (1)$$

Потому что, если мы разовьемъ всѣ термины во второй части, то получимъ

$$(ABC) = (ABC) + (ABc) + (ABC) + (AbC) + (Abc) - (ABC) - (Abc) - (Abc),$$

и если устранимъ соотвѣтствующіе положительные и отрицательные термины, то останется (ABC) = (ABC). Такъ какъ поэтому (1) необходимо вѣрно, то намъ слѣдуетъ только вставить данныя величины, и мы получимъ

$$ABC = b + c - a + (Abc).$$

Отсюда число встрѣтившихъ возраженія съ обѣихъ сторонъ равно разности между общимъ числомъ возраженій и числомъ избирателей, сложеннымъ съ числомъ избирателей невстрѣтившихъ возраженій (Abc).

Слѣдующая задача объясняетъ выраженіе для общей части всякихъ трехъ классовъ. Число бѣдныхъ, которые мужчины и слѣпые, равно разности между суммою всего числа слѣпыхъ лицъ, сложеннаго со всѣмъ числомъ мужчинъ, сложеннаго съ числомъ тѣхъ, которые будучи бѣдными, не слѣпы и не мужчины—и суммою всего числа бѣдныхъ, сложеннаго съ числомъ тѣхъ, которые не будучи бѣдными, мужчины.

Пусть читатель попробуетъ доказать вѣрность этого положенія: 1) собственнымъ соображеніемъ безъ всякаго пособія, 2) аристотелевскою логикою и 3) методомъ разъясненной сейчасъ численной логики; и затѣмъ рѣшить, какой методъ наиболѣе удовлетворителенъ.

Численное значеніе логическихъ условій.

Во многихъ случаяхъ классы предметовъ могутъ существовать при спеціальныхъ логическихъ условіяхъ, и мы должны разсмотрѣть, какъ эти условія могутъ быть истолкованы численно. Каждое логическое предложеніе даетъ соотвѣтствующее численное уравненіе. Тожество качествъ служитъ причиною тожества чиселъ. Поэтому если

$$A = B$$

означаетъ тожество качествъ A и B, то мы можемъ заключить, что и

$$(A) = (B).$$

Очевидно, что совершенно тѣже предметы, и только тѣ, которые подходятъ подъ A, должны также подходить и подъ B. Изъ этого слѣдуетъ, что вездѣ, гдѣ мы можемъ вывести уравненіе качествъ, мы можемъ выводить подобное же уравненіе чиселъ. Такъ изъ

$$A = B = C$$

мы можемъ заключить, что

$$A = C;$$

и точно также изъ

$$(A) = (B) = (C),$$

выражающаго, что числа A и C равны числу B, мы можемъ заключить,

$$(A) = (C).$$

Но очень интересно, что это не примѣняется къ отрицательнымъ предложеніямъ и неравенствамъ. Ибо если

$$A = B \sim D$$

означаетъ, что A тожественно съ B, которое отлично отъ D, то изъ этого не слѣдуетъ, что

$$(A) = (B) \sim (D).$$

Два класса предметовъ могутъ быть различны по качествамъ, но могутъ быть сходны по числу. Этотъ пунктъ укрѣпляетъ меня въ томъ мнѣніи, которое я высказывалъ уже, что всякое умозаключеніе основывается въ сущности на уравненіяхъ, а не на различіяхъ.

Такимъ образомъ логическій алфавитъ даетъ намъ возможность произвести полный анализъ всякой численной задачи, и хотя символическое выраженіе можетъ иногда казаться слишкомъ длиннымъ, однако я убѣжденъ, что оно дѣйствительно представляетъ тотъ ходъ, которому долженъ слѣдовать умъ при рѣшеніи задачи. Хотя мысль дѣйствуетъ съ большей быстротой, чѣмъ съ какою пишутся символы, однако на дѣлѣ умъ слѣдуетъ не инымъ путемъ, а тѣмъ, который показываютъ символы. За болѣе подробнымъ разъясненіемъ этой естественной системы численно опредѣленнаго умозаключенія съ большимъ числомъ примѣромъ и за анализомъ численно опредѣленнаго силлогизма Де Моргана я долженъ отослать читателя къ уже упомянутой статьѣ 1), части которой вошли въ настоящій параграфъ.

Можно также указать читателю на изслѣдованія Буля объ этомъ предметѣ въ Laws of Thought, ch. XIX, p. 295 и на статью о «предложеніяхъ численно опредѣленныхъ», представленную Де Морганомъ въ 1868 г., Кембриджскому философскому обществу и напечатанную въ Transactions этого общества, v. XI. p. II.

---

1) Memoirs of the Manch. Lit. and Phil. Soc.

ГЛАВА IX.

РАЗНООБРАЗІЕ ПРИРОДЫ, ИЛИ УЧЕНІЕ О СОЧЕТАНІЯХЪ И ПЕРЕМѢЩЕНІЯХЪ.

Можно сказать, что природа явилась изъ монотонности несуществованія посредствомъ возникновенія различія. И вѣроятна та мысль, что мы сознаемъ только постольку, поскольку испытываемъ различіе. Жизнь есть измѣненіе и совершенно однообразное существованіе было бы все равно что и не существованіе. Несомнѣнно, что жизнь требуетъ постоянной новизны, и что природа, хотя она никогда не перестаетъ повиноваться однимъ и тѣмъ же постояннымъ законамъ, однако представляетъ намъ повидимому безконечные ряды разнообразныхъ комбинацій явленій. Дѣло науки наблюдать и записывать роды и сравнивать числа такихъ комбинацій явленій, встрѣчающихся или независимо отъ насъ или производимыхъ нашимъ вмѣшательствомъ. Терпѣливое и внимательное иcлѣдованіе этихъ записей можетъ открыть законы, управляющіе матеріей, и дать намъ возможность болѣе или менѣе удачно предсказывать, или даже регулировать, будущіе случаи каждой частной комбинаціи.

Законы мышленія представляютъ первые и самые важные изъ всѣхъ законовъ, которые управляютъ комбинаціями или сочетаніями явленій, и хотя они обязательны собственно для ума, однако подтверждаются и во внѣшнемъ мірѣ. Логическій алфавитъ представляетъ самое крайнее разнообразіе вещей и явленій, которыя могутъ встрѣчаться, и очевидно, что каждое новое качество удвояетъ число сочетаній. Такъ четыре качества могутъ встрѣтиться въ 16 сочетаніяхъ, пять въ 32, шесть 64 и т. д. Выражаясь общимъ языкомъ, если n есть число качествъ то 2^n есть число сочетаній, которыя они могутъ дать, если не дано никакихъ другихъ условій кромѣ логическихъ. Едвали нужно и говорить, что это число послѣ первыхъ пяти терминовъ возрастаетъ страшнымъ образомъ, такъ что напр. потребовался бы рядъ изъ 302 цифръ, чтобы выразить число сочетаній, въ которыхъ могутъ представляться 1,000 качествъ.

Еслибы всѣ сочетанія, допускаемыя законами мышленія, безразлично встрѣчались въ природѣ, тогда наука начиналась бы и оканчивалась этими законами. Наблюденіе природы ничего не прибавило бы къ нашему знанію, потому что не было бы двухъ качествъ въ длинной серіи, которыя бы чаще соединялись между собою, чѣмъ другіе два. Мы никогда бы не могли предсказывать событій съ большею вѣрностью, чѣмъ теперь предсказываемъ положеніе выпавшей игральной кости, и опытъ былъ бы безполезенъ. Но вселенная въ настоящемъ своемъ состояніи представляетъ иную и гораздо интереснѣйшую задачу. Самое поверхностное наблюденіе показываетъ, что нѣкоторыя вещи находятся въ постоянной связи съ другими вещами. Чѣмъ зрѣлѣе бываетъ наше изслѣдованіе, тѣмъ болѣе мы убѣждаемся, что каждое явленіе зависитъ отъ предшествующихъ случаевъ какого нибудь другаго рода явленій. Мы постепенно открываемъ, что дѣйствіе и реакція являются вездѣ и независимыя или случайныя появленія какихъ нибудь событій существуютъ только по наружности. Даже игральныя кости, когда они падаютъ, непремѣнно опредѣляются въ своемъ движеніи предшествующими условіями и опредѣленными законами. Поэтому комбинаціи явленій, которыя дѣйствительно могутъ случаться, оказываются сравнительно ограниченными, и дѣло науки открыть эти ограничивающія условія.

Въ англійской азбукѣ напр. 26 буквъ. Если бы сочетанія этихъ буквъ были совершенно свободны, такъ что каждая буква могла бы произноситься безразлично со всякою другою, тогда число словъ, которыя можно бы составить безъ повторенія, было бы $2^{26}-1$ или 67,108,863, т. е. было бы равно числу комбинацій 27 столбца логическаго алфавита, исключая одной, соотвѣтствующей тому случаю, когда всѣ буквы отсутствовали бы. Но устройство голосовыхъ органовъ не допускаетъ употребленія большей части сочетаній этихъ буквъ. Въ каждомъ словѣ должна быть по крайней мѣрѣ одна гласная; кромѣ того, обыкновенно соединяется вмѣстѣ рѣдко болѣе двухъ согласныхъ, и наконецъ для образованія словъ допускающихъ ясный и плавный выговоръ, нужно было бы соблюдать еще другія правила. Точное опредѣленіе того, сколько словъ могло бы существовать въ англійскомъ языкѣ при этихъ обстоятельствахъ, есть чрезвычайно сложная задача, за рѣшеніе которой еще никто не брался. Число существующихъ англійскихъ словъ едвали превышаетъ сотню тысячъ и только изслѣдуя комбинаціи, находящіяся въ лексиконѣ, мы могли бы изучить законы благозвучія или вычислить возможное число словъ. Въ этомъ примѣрѣ мы видимъ въ маломъ видѣ задачу и методъ науки. Сочетанія естественныхъ явленій ограничены большимъ числомъ условій, которыя мы не можемъ узнать никакимъ другимъ путемъ, кромѣ изслѣдованія природы.

Часто весьма трудно бываетъ опредѣлить число перемѣщеній или сочетаній, которыя могутъ существовать при различныхъ ограниченіяхъ. Нѣкоторые ученые люди прежнихъ столѣтій долго бились надъ тѣмъ, что они называли Протеевыми стихами, т. е. допускающими многія варіаціи, согласныя съ правилами стихотворнаго размѣра. Самые знаменитые изъ этихъ стиховъ придумалъ Бернаръ Баугузіусъ; вотъ его стихъ:

Tot tibi sunt dotes, Virgo, quot sidera coelo [1]).
(У тебя, дѣва, столько прелестей, сколько звѣздъ въ небѣ).

Одинъ авторъ, Эрицiусъ Путеанусъ, наполнилъ 48 страницъ своего сочиненія возможными перестановками словъ въ этомъ стихѣ и у него ихъ вышло только 1022. Другіе авторы вычислявшіе перестановки получали въ результатѣ 2196,3276, и 2580. Уэллисъ получилъ 3096, но не былъ увѣренъ въ точности своего результата [1]). Требовалось искуство Якова Бернулли, чтобы рѣшить, что число перестановокъ есть 3312 при условіи, чтобы смыслъ и размѣръ стиха оставались неизмѣнными.

Приготовляясь къ разсмотрѣнію великой индуктивной задачи, мы непремѣнно должны пріобрѣсти вѣрныя понятія о сравнительныхъ числахъ сочетаній, которыя могутъ существовать при различныхъ обстоятельствахъ. Ученіе о комбинаціяхъ есть та часть математической науки, которая примѣняетъ численное вычисленіе къ опредѣленію числа комбинацій при разныхъ условіяхъ. Эта часть науки лежитъ въ основаніи не только другихъ наукъ, но и другихъ отраслей математики. Формы алгебраическихъ выраженій опредѣляются принципами сочетанія, и Гинденбургъ призналъ этотъ фактъ въ своемъ сочетательномъ анализѣ. Величайшіе математики послѣднихъ трехъ столѣтій посвящали свои лучшія силы на изслѣдованіе этого предмета; онъ былъ любимымъ занятіемъ Паскаля; онъ рано привлекъ на себя вниманіе Лейбница, который написалъ свою любопытную статью De Arte Combinatoria на 20 году жизни; Яковъ Бернулли, одинъ изъ самыхъ глубокихъ математиковъ, посвятилъ не малую часть своей жизни на изслѣдованіе этого предмета въ связи съ теоріей вѣроятности; и въ своемъ знаменитомъ сочиненіи De Arte Conjectandi онъ такъ прекрасно описалъ важность ученія о сочетаніяхъ, что я позволяю себѣ привести здѣсь цѣликомъ его замѣчанія.

«Легко видѣть, что удивительное разнообразіе, являющееся намъ какъ въ произведеніяхъ природы, такъ и въ дѣйствіяхъ людей, и составляющее наибольшую часть красоты вселенной, происходитъ отъ множества различныхъ способовъ, которыми многія части смѣшиваются между собою или помѣщаются другъ подлѣ друга. Но такъ какъ число причинъ, содѣйствующихъ произведенію даннаго событія или дѣйствія часто бываетъ до такой степени громадно и сами причины бываютъ до такой степени отличны одна отъ другой, что бываетъ чрезвычайно трудно перечислить всѣ различные способы, которыми они могутъ располагаться или соединяться вмѣстѣ, то часто случается, что люди даже очень разумные и крайне осмотрительные часто впадаютъ въ ошибку при умозаключеніи, которая называется въ логикѣ недостаточнымъ или несовершеннымъ перечисленіемъ частей или случаевъ; такъ что я осмѣливаюсь утверждать, что это есть главный и почти единственный источникъ громаднаго числа ошибочныхъ мнѣній, и притомъ весьма часто о вещахъ большой важности, которыя мы составляемъ о всѣхъ предметахъ, подлежащихъ нашему обсужденію, относятся ли эти мнѣнія къ познанію природы или къ заслугамъ и побужденіямъ человѣческихъ дѣйствій.

---

[1]) Монтюкла, Histoire et caet. v. III. p. 388.

[1]) Уэллисъ, Of Comdinations etc., p. 119.

«Такимъ образомъ нужно признать, что искуство, которое служитъ вѣрнымъ средствомъ противъ этой болѣзни или недостатка нашего разсудка и учитъ насъ перечислять всѣ возможные способы, какими данное число вещей можетъ быть смѣшано или сочетано, такъ чтобы мы могли быть увѣрены, что мы не пропустили ни одной изъ комбинацій, которыя могли привести къ цѣли нашего изслѣдованія,—заслуживаетъ того, чтобы считать его чрезвычайно полезнымъ и достойнымъ нашего вниманія и самой высокой оцѣнки. А это и есть дѣло искуства или ученія о сочетаніяхъ. Но на это искуство или ученіе нельзя смотрѣть только какъ на отрасль математическихъ наукъ. Потому что оно имѣетъ отношеніе почти ко всякому роду полезнаго знанія, которымъ можетъ заниматься умъ человѣка. Конечно оно употребляетъ математическіе принципы при вычисленіи чиселъ сочетаній предполагаемыхъ вещей; но получаемыя посредствомъ его заключенія могутъ помогать проницательности естествоиспытателя, точности историка, искуству и сужденію врача, благоразумію и предусмотрительности политическаго человѣка; потому что дѣло всѣхъ этихъ важныхъ профессій состоитъ только въ томъ, чтобы составлять *основательныя предположенія* на счетъ предметовъ, занимающихъ ихъ вниманіе, а всѣ мудрыя предположенія суть результаты вѣрнаго и тщательнаго изслѣдованія многихъ различныхъ дѣйствій, могущихъ произойти отъ тѣхъ причинъ, которыя могутъ произвести ихъ [1]).

---

[1]) Яковъ Бернулли De Arte Conjectandi, англійскій переводъ барона Масереса. Лондонъ 1795, стр. 35—6.

Различіе между сочетаніями и перемѣщеніями.

Мы прежде всего должны разсмотрѣть глубокое различіе, существующее между сочетаніями и перемѣщеніями, опредѣляемое важными логическими принципами и вліяющее на форму математическихъ выраженій. Въ *перемѣщеніяхъ* мы обращаемъ вниманіе на различіе порядка, трактуя АВ какъ группу, отличную отъ группы ВА. Въ *сочетаніяхъ* же мы имѣемъ въ виду только присутствіе или отсутствіе извѣстной вещи и не обращаемъ вниманія на ея мѣсто въ порядкѣ времени или пространства. Такъ четыре буквы могутъ образовать только одно сочетаніе, тогда какъ они встрѣчаются въ языкѣ въ нѣсколькихъ перемѣщеніяхъ, каковы name, amen, mean, mane.

До сихъ поръ мы имѣли дѣло съ чисто логическими вопросами, заключающими въ себѣ только комбинаціи качествъ. Я уже нѣсколько разъ указывалъ на то, что хотя наши символы могутъ быть написаны не иначе какъ только по порядку мѣста и прочитаны только по порядку времени, однако отношенія, выражаемыя ими не имѣютъ никакой связи съ мѣстомъ или временемъ (стр. 32, 114). Законъ коммутативности въ сущности выражаетъ то условіе, что въ логикѣ мы имѣемъ дѣло съ комбинаціями или сочетаніями, и тотъ же законъ вѣренъ относительно всѣхъ дѣйствій въ алгебрѣ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ порядокъ можетъ быть дѣломъ безразличнымъ; напр. это все равно, составленъ ли порохъ изъ смѣси сѣры, углерода и селитры, или углерода, селитры и сѣры, или селитры, сѣры и углерода, только бы эти вещества взяты были въ надлежащихъ пропорціяхъ и хорошенько перемѣшаны. Но это безразличіе порядка обыкновенно не простирается на явленія физической науки или на операціи искуства. Превращеніе механической живой силы въ теплоту не совершенно то же самое, что превращеніе теплоты въ механическую силу; громъ не безразлично предшествуетъ молніи или слѣдуетъ за ней; при стрѣльбѣ также важенъ порядокъ, чтобы сначала зарядить ружье, надѣть пистонъ, прицѣлиться и потомъ уже выстрѣлить. Время есть условіе всѣхъ нашихъ мыслей, а пространство—всѣхъ нашихъ дѣйствій, и потому какъ въ наукѣ, такъ и въ искуствѣ мы во многихъ случаяхъ имѣемъ дѣло съ перемѣщеніями. Языкъ напр. представляетъ различныя перемѣщенія буквъ, имѣющія различныя значенія.

Перемѣщенія вещей гораздо многочисленнѣе, чѣмъ сочетанія этихъ вещей, по тому очевидному основанію, что каждая отдѣльная вещь считается различною, смотря по ея мѣсту. Такъ буквы А, В, С даютъ различныя перемѣщенія, смотря по тому, стоитъ ли А на первомъ, второмъ или третьемъ мѣстѣ; по опредѣленіи мѣста для А остается только два мѣста, которыя мы можемъ выбрать для B, и затѣмъ остается только одно мѣсто для C. Поэтому все число перемѣщеній этихъ буквъ будетъ 3×2×1 или 6. При четырехъ вещахъ или буквахъ A, B, C, D, мы будемъ имѣть четыре выбора мѣста для первой буквы, три мѣста для второй, два для третьей и одно для четвертой, такъ что будетъ всего 4×3×2×1 или 24 перемѣщенія. То же правило примѣняется ко всѣмъ случаямъ; начиная полнымъ числомъ вещей, мы помножаемъ его каждый разъ числомъ уменьшеннымъ на 1. Выражая это общимъ языкомъ, если n есть число вещей въ комбинаціи, то число перемѣщеній будетъ

$$n\,(n-1)\;(n-2)\ldots\ldots4\,.\,3\,.\,2\,.\,1.$$

Если бы мы стали перемѣщать названія дней недѣли, то число возможныхъ распредѣленій, изъ которыхъ мы могли бы выбирать новый порядокъ, было бы не менѣе, какъ 7.6.5.4.3.2.1, или 5040, а за исключеніемъ существующаго порядка 5039.

Читатель видитъ, что числа, получающіяся въ вопросахъ о перемѣщеніяхъ возрастаютъ еще поразительнѣе, чѣмъ въ сочетаніяхъ. Каждый новый предметъ или терминъ удвояетъ число комбинацій, а въ перемѣщеніяхъ увеличиваетъ его множителемъ, постоянно возрастающимъ. Вмѣсто 2×2×2×2×.... мы имѣемъ 2×3×4×5... и произведенія послѣдняго выраженія значительно превышаютъ произведенія перваго. Такія произведенія возрастающихъ множителей, какъ мы увидимъ, часто употребляются въ вопросахъ и сочетанія и перемѣщенія. Они технически называются факторіалами, т. е. произведеніе всѣхъ цѣлыхъ чиселъ, начиная отъ единицы до какого нибудь числа n, есть факторіалъ n и часто обозначается символически $\underline{|n}$. Я помѣщаю здѣсь факторіалы чиселъ до 12:

$$24 = 1\,.\,2\,.\,3\,.\,4$$
$$120 = 1\,.\,2\,.\,.\,.\,5$$
$$720 = 1\,.\,2\,.\,.\,.\,.\,6$$
$$5{,}040 = \underline{|7}$$
$$40{,}350 = \underline{|8}$$
$$362{,}880 = \underline{|9}$$
$$3{,}628{,}800 = \underline{|10}$$
$$39{,}916{,}800 = \underline{|11}$$
$$479{,}001{,}600 = \underline{|12}$$

Факторіалы до $\underline{|36}$ даны въ Cyclopaedia Рица, стат. Cipher, а логариѳмы факторіаловъ до $\underline{|265}$ находятся въ концѣ таблицы логариѳмовъ, публикуемыхъ подъ надзоромъ Society fur Diffusion of Useful Knowledge (p. 215). Чтобы выразить факторіалъ $|\underline{265}$ нуженъ былъ бы рядъ въ 529 цифръ.

Многіе писатели отъ времени до времени указывали на громадныя величины чиселъ, относящнхся къ разсматриваемому предмету. Таке вычислилъ [1]), что 24 буквы азбуки могутъ быть распредѣлены болѣе чѣмъ въ 620 трилліоновъ порядковъ, а Шоттъ сосчиталъ [2]), что еслибы 1000 милліоновъ людей занимались такое же число лѣтъ писаніемъ этихъ расположеній буквъ и каждый исписывалъ бы ежедневно 40 страницъ по 40 расположеній на каждой, то они не кончили бы своего дѣла, такъ какъ они написали бы только 584 тысячи трилліоновъ вмѣсто 620 тысячъ трилліоновъ.

Въ нѣкоторыхъ вопросахъ число перемѣщеній можетъ быть ограничено и уменьшено разными условіями. Нѣкоторыя вещи въ группѣ могутъ быть не отличимы отъ другихъ, такъ что измѣненіе порядка не произведетъ никакой разницы. Такъ если бы намъ нужно было перемѣщать буквы въ словѣ Ann, то по прежнему правилу мы должны были бы получить $3 \times 2 \times 1$ или 6 порядковъ; но половина изъ этихъ расположеій была бы тожественна съ другою половиною, потому что перестановка двухъ n не дѣлаетъ пикакой разницы. Поэтому дѣйствительно различные порядки были бы $\frac{3\,.\,2\,.\,1}{1\,.\,2}$ или 3, именно Ann, Nan, Nna. Въ словѣ utility есть два i и два t и потому относительно той и другой пары буквъ числа перемѣщеній должны быть уменьшены вдвое. Такимъ образомъ мы получаемъ число перемѣщеній такое $\frac{7\,.\,6\,.\,5\,.\,4\,.\,3\,.\,2\,.\,1}{1\,.\,2\,.\,2\,.\,1}$ или 1260. Простое правило очевидно таково, что если нѣкоторыя вещи или буквы неразличимы, то нужно сначала вычислить всѣ возможныя перемѣщенія, какъ будто бы всѣ вещи и буквы были различны, и затѣмъ раздѣлить ихъ на число возможныхъ перемѣщеній тѣхъ серій вещей, которыя неразличимы и перемѣщенія которыхъ значитъ присчитаны излишне. Напр., такъ какъ слово Utilitarianism содержитъ 14 буквъ, изъ которыхъ четыре i, два a и два t, то число различныхъ распредѣленій получится, если факторіалъ 14 раздѣлить на факторіалы 4, 2 и 2 и въ результатѣ будетъ 908,107,200. Изъ буквъ слова Mississippi мы можемъ подобнымъ же образомъ получить $\frac{|\underline{11}}{|\underline{4} \times |\underline{4} \times |\underline{2}}$ или 34,650 перемѣщеній, что не составляетъ и одной тысячной части того, что мы получили бы, если бы всѣ буквы были различны.

---

[1]) Arithmeticae Theoria, ed. Amsterd. 1704. p. 517.

[2]) Риса Cyclopaedia, ст. Cipher.

Вычисленіе числа сочетаній.

Хотя во многихъ вопросахъ какъ искуства, такъ и науки, намъ нужно бываетъ вычислить число перемѣщеній вслѣдствіе ихъ собственнаго интереса, однако въ научныхъ предметахъ гораздо чаще бываетъ, что они имѣютъ только не прямой интересъ. Какъ я уже указалъ, въ логикѣ и математическихъ наукахъ мы почти постоянно имѣемъ дѣло съ комбинаціями, а различіе порядка является только вслѣдствіе несовершенства, присущаго нашимъ символамъ и способамъ вычисленія. Знаки должны быть употребляемы въ извѣстномъ порядкѣ и мы должны отвлечь наше вниманіе отъ этого порядка для того, чтобы знаки вѣрно представляли отношенія между вещами, которыя существуютъ не прежде и не послѣ другъ друга. Но часто случается, что мы не можемъ выбрать всѣхъ комбинацій вещей, не выбравши ихъ сначала по случайному различію порядка, и потомъ уже мы должны раздѣлить ихъ на число возможныхъ варіацій порядка, чтобы получить вѣрное число настоящихъ комбинацій.

Предположимъ, что мы желаемъ опредѣлить число видовъ, въ какихъ мы можемъ составить группу въ три буквы изъ азбуки въ 26 буквъ, такъ чтобы не повторялась одна и та же буква. При первомъ выборѣ мы можемъ взять всякую изъ 26 буквъ; при слѣдующемъ разѣ останется только 25 буквъ, изъ которыхъ каждая можетъ быть соединена съ взятою; при третьемъ разѣ будетъ 24 выбора, такъ что повидимому все число разныхъ видовъ выбора будетъ $26 \times 25 \times 24$. Но тотъ фактъ, что одинъ выборъ слѣдовалъ послѣ другаго, произвелъ то, что получилась одна и та же комбинація буквъ въ разномъ порядкѣ; напр. въ одинъ разъ мы получили бы а, р, г, а въ другой р, г, а и каждыя три отдѣльныя буквы являлись бы шесть разъ, потому что три вещи могутъ быть расположены въ 6 перемѣщеніяхъ. Поэтому, чтобы получить число сочетаній, мы должны раздѣлить все число видовъ выбора на 6, т. е. на число перемѣщеній трехъ вещей, и получимъ

$$\frac{26 \times 25 \times 24}{1 \times 2 \times 3} \text{ или } 2{,}600.$$

Очевидно, что намъ нужно ученіе о сочетаніяхъ для того, чтобы мы могли во многихъ вопросахъ устранять преувеличивающее дѣйствіе послѣдовательнаго выбора. Если бы намъ нужно было изъ собранія въ 30 человѣкъ выбрать комитетъ изъ 5 человѣкъ, то мы могли бы сначала выбрать каждаго изъ 30, потомъ изъ 29 и т. д, и получилось бы $30 \times 29 \times 28 \times 27 \times 26$ избраній; но такъ какъ реальная личность членовъ комитета не измѣнялась бы отъ случайнаго порядка ихъ избранія, то мы раздѣляемъ все число избраній на $1\times2\times3\times4\times5$, и потому возможное число различныхъ комитетовъ будетъ 142,506. Точно также, если бы намъ нужно было вычислить число видовъ, въ какихъ 8 большихъ планетъ могутъ быть въ соединеніи, то очевидно, что изъ нихъ могутъ встрѣтиться одновременно двѣ, три, четыре или болѣе, и такъ какъ ничего не говорится объ ихъ относительномъ порядкѣ или мѣстѣ въ соединеніи, то намъ нужно найти число сочетаній. Но выборъ двухъ вещей изъ 8 возможенъ въ $\frac{8.7}{1.2}$ или 28 видахъ, а трехъ изъ 8 въ $\frac{8.7.6}{1.2.3}$ или 56 видахъ, четырехъ изъ 8 въ $\frac{8.7.6.5}{1.2.3.4}$ или 70 видахъ; и подобнымъ же образомъ можетъ быть показано, что для 5, 6, 7 и 8 планетъ, встрѣчающихся одновременно, числа видовъ суть 56, 28, 8 и 1. Такимъ образомъ мы разрѣшили весь вопросъ о разнообразіи соединеній 8 планетъ; и слагая всѣ числа вмѣстѣ, находимъ, что 247 есть самое крайнее возможное число видовъ встрѣчи.

На общемъ алгебраическомъ языкѣ мы можемъ сказать, что группа въ m вещей можетъ быть выбрана изъ полнаго числа n вещей въ числѣ сочетаній, выражаемомъ формулою

$$\frac{n.(n-1)\ (n-2)\ (n-3)\ldots(n-m+1)}{1.\quad 2.\quad 3.\quad 4\ldots\quad m}.$$

Крайняя важность и значеніе этой формулы были замѣчены въ первый разъ Паскалемъ, хотя онъ открытіе ея приписывалъ своему другу Де-Гарньеру [1]). Мы увидимъ, что она постоянно встрѣчается въ вопросахъ сочетаній и вѣроятности и ея вліяніе обнаруживается вездѣ въ формулахъ математическаго анализа.

Ариѳметическій треугольникъ.

Ариѳметическій треугольникъ есть названіе, данное уже давно серіи замѣчательныхъ чиселъ, связанной съ занимающимъ насъ предметомъ. По словамъ Монтюкла, «этотъ треугольникъ въ теоріи сочетаній и измѣненій порядка почти то же, что Пиѳагорова таблица умноженія въ обыкновенной ариѳметикѣ, т, е. она сразу даетъ числа, требуемыя во множествѣ случаевъ этой теоріи» [2]). Еще въ 1544 г. Стифельсъ узналъ замѣчательныя свойства этихъ чиселъ и способъ ихъ развитія. Бриггсъ, изобрѣтатель обыкновенной системы логариѳмовъ, былъ до того пораженъ важностью ихъ, что назвалъ ихъ Abacus Panchrestus. Однако, Паскаль первый написалъ отдѣльный трактатъ объ этихъ числахъ и далъ имъ названіе, подъ которымъ они извѣстны и до сихъ поръ. Но Паскаль далеко не исчерпалъ этого предмета и только Яковъ Бернулли вполнѣ показалъ важность *фигурныхъ чиселъ*, какъ они иногда тоже называются. Въ своемъ трактатѣ de Arte Conjectandi онъ указываетъ на ихъ примѣненіе въ теоріи сочетаній и вѣроятности и при этомъ замѣчаетъ объ ариѳметическомъ треугольникѣ: «онъ не только содержитъ въ себѣ ключъ къ таинственному ученію о сочетаніяхъ, но также служитъ основаніемъ для многихъ изъ важныхъ и глубокомысленныхъ открытій, которыя были сдѣланы въ другихъ отрасляхъ математики» 1).

---

[1]) Oeuvres Complètes de Pascal, 1865, v. III. p. 302. Монтюкла же называетъ этого друга Де-Грюйеръ. Histoire des Mathématiques, v. III. p. 389.

[1]) Hist. des Mathém., v. III, p. 378.

Числа треугольника легко могутъ быть вычислены послѣдовательными сложеніями. Вершина начинается единицей; во второй линіи по правую сторону этой единицы мы ставимъ другую; чтобы получить третью линію цифръ, мы передвигаемъ цифры второй на одно мѣсто вправо и складываемъ ихъ съ цифрами второй, какъ они были до передвиганія; мы можемъ повторять этотъ процессъ до безконечности. Напр., четвертая линія цифръ содержитъ въ себѣ 1, 3, 3, 1; передвигая ихъ на одно мѣсто и слагая съ предыдущей, мы получаемъ:

Четвертую линію. . .	1,	3,	3,	1		
		1	3	3	1	
Пятую линію.	1	4	6	4	1	
		1	4	6	4	1
Шестую линію. . . .	1	5	10	10	5	1

Повторивъ этотъ процессъ еще десять разъ, мы получаемъ первыя 17 линій ариѳметическаго треугольника, какъ онъ напечатанъ на слѣдующей страницѣ. Теоретически говоря, треугольникъ можетъ считаться безконечнымъ по протяженію, но числа возрастаютъ такъ быстро, что скоро становится практически невозможнымъ продолжать таблицу. Самая длинная таблица чиселъ, какую я нашелъ, находится у Фортіа Traité des Progressions (p. 80), гдѣ она доведена до 40-й линіи и 9-го столбца.

Разсматривая эти числа, мы находимъ, что они связаны безграничнымъ рядомъ отношеній, изъ которыхъ нѣкоторыя простѣйшія могутъ быть указаны здѣсь. Каждый вертикальный столбецъ чиселъ совершенно соотвѣтствуетъ

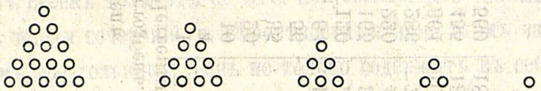
---

1) Англ. перев. Масереса, 1795, стр. 75.

АРИѲМЕТИЧЕСКІЙ ТРЕУГОЛЬНИКЪ.

Линіи.	Первый столбецъ.	Второй столбецъ.	Третій столбецъ.	Четвертый столбецъ.	Пятый столбецъ.	Шестой столбецъ.	Седьмой столбецъ.	Восьмой столбецъ.	Девятый столбецъ.	Десятый столбецъ.	Одинадцатый столбецъ.	Двѣнадцатый столбецъ.	Тринадцатый столб.	Четырнадцатый столб.	15-й столб.	16-й столб.	17-й ст.
1	1																
2	1	1															
3	1	2	1														
4	1	3	3	1													
5	1	4	6	4	1												
6	1	5	10	10	5	1											
7	1	6	15	20	15	6	1										
8	1	7	21	35	35	21	7	1									
9	1	8	28	56	70	56	28	8	1								
10	1	9	36	84	126	126	84	36	9	1							
11	1	10	45	120	210	252	210	120	45	10	1						
12	1	11	55	165	330	452	462	330	165	55	11	1					
13	1	12	66	220	495	792	924	792	495	220	66	12	1				
14	1	13	78	286	715	1287	1716	1716	1287	715	286	78	13	1			
15	1	14	91	364	1001	2002	3003	3432	3003	2002	1001	364	91	14	1		
16	1	15	105	455	1365	3003	5005	6435	6435	5005	3003	1365	455	105	15	1	
17	1	16	120	560	1820	4368	8008	11440	12870	11440	8008	4368	1820	560	120	16	1

наклонному ряду, спускающемуся слѣва направо, такъ что треугольникъ совершенно симметриченъ по своему содержанію. Первый столбецъ содержитъ только единицы, второй—натуральныя числа 1, 2, 3 и т. д., третій замѣчательный рядъ чиселъ 1, 3, 6, 10, 15 и т. д., которыя давно были названы *треугольничными числами*, потому что они соотвѣтствуютъ числамъ шаровъ, которые можно разложить въ формѣ треугольника, именно такъ



Четвертый столбецъ содержитъ *пирамидальныя числа*, названныя такъ потому, что они соотвѣтствуютъ числамъ равныхъ шаровъ, которые могутъ быть сложены въ формѣ трехъугольныхъ пирамидъ. Разности между ними суть трехъугольниковыя числа. Разности же чиселъ пятаго столбца суть пирамидальныя числа; но такъ какъ нѣтъ правильной формы, содержаніе которой они представляли бы, то ихъ произвольно назвали трехъугольнико-трехъугольниковыми числими. Слѣдующіе столбцы подобнымъ же образомъ содержатъ трехугольнико-пирамидальныя и пирамидально-пирамидальныя числа и т. д. [1]).

Изъ способа образованія таблицы слѣдуетъ, что разности чиселъ въ каждомъ столбцѣ находятся въ предшествующемъ столбцѣ слѣва. Поэтому вторыя разности или разности разностей находятся во второмъ столбцѣ слѣва отъ какого нибудь даннаго столбца, а третьи разности въ третьемъ столбцѣ и т. д. Такъ мы можемъ сказать, что единица, стоящая въ первомъ столбцѣ, есть *первая* разность чиселъ во второмъ столбцѣ, *вторая* разность чиселъ въ третьемъ столбцѣ, *третья* разность чиселъ въ четвертомъ столбцѣ и т. д. Треугольникъ представляется полной классификаціей всѣхъ чиселъ соотвѣтственно тому, если какою нибудь изъ ихъ разностей служитъ единица.

Такъ какъ каждая линія образовалась отъ сложенія предшествующей линіи самой съ собой, то очевидно, что сумма чиселъ въ каждой горизонтальной линіи должна быть вдвое болѣе суммы чиселъ въ предшествующей верхней. Поэтому, не дѣлая сложенія, мы уже знаемъ, что послѣдовательныя суммы должны быть 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 и проч., т. е. возрастать также, какъ числа комбинацій въ логическомъ алфавитѣ. Выражаясь общимъ языкомъ, сумма чиселъ въ n линіи будетъ 2^{n-1}.

Далѣе, если сложить вмѣстѣ всѣ цифры до какой нибудь линіи внизъ, то полученное число будетъ меньше нѣкоторой степени 2 на одну единицу. Такъ первая линія даетъ 1 или $2^1 - 1$; первыя двѣ линіи даютъ 3 или $2^2 - 1$; первыя три линіи 7 или $2^3 - 1$; первыя шесть даютъ 63 или $2^6 - 1$; или выражаясь общимъ языкомъ, сумма первыхъ n линій есть $2^n - 1$. Изъ этого слѣдуетъ, что сумма чиселъ въ какой нибудь линіи равна суммѣ чиселъ всѣхъ предыдущихъ линій, увеличенной на единицу. Потому что сумма въ n линіи, какъ было показано, есть 2^{n-1}, а сумма первыхъ n линій есть $2^{n-1} - 1$ или меньше единицей.

---

[1]) Уэллисъ, Algebra, Discourse of Combinations, p. 109.

Это перечисленіе свойствъ фигуральныхъ чиселъ далеко еще не полно; можно найти еще значительное и, вѣроятно, неограниченное, число менѣе простыхъ и очевидныхъ отношеній. Паскаль, перечисливши нѣкоторыя изъ ихъ свойствъ, восклицаетъ: «но ихъ осталось еще больше, чѣмъ сколько я перечислилъ; просто удивительно, до какой степени они богаты свойствами Каждый можетъ упражняться въ нахожденіи ихъ». Ариѳметическій треугольникъ можетъ считаться естественной классификаціей чиселъ, представляющей самымъ полнымъ образомъ ихъ развитіе и отношенія съ извѣстной точки зрѣнія. Очевидно, что при безграничномъ расширеніи треугольника каждое число, за единственнымъ исключеніемъ *двухъ*, имѣетъ по крайней мѣрѣ два мѣста.

Хотя указанныя свойства и въ высшей степени любопытны, однако самая большая важность треугольника состоитъ въ томъ, что онъ содержитъ полное указаніе величинъ формулы (на стр. 177) для чиселъ сочетаній m вещей изъ n для всѣхъ возможныхъ величинъ m и n. Изъ семи вещей одна можетъ быть выбрана въ 7 видахъ и 7 находится въ 8-й линіи втораго столбца. Сочетанія двухъ вещей выбираемыхъ изъ семи судь $\frac{7 \times 6}{1 \times 2}$ или 21, которое есть третье число въ 8-й линіи. Комбинаціи 3 вещей изъ 7 будутъ $\frac{7 \times 6 \times 5}{1 \times 2 \times 3}$ или 35, которое стоитъ четвертымъ въ 8-й линіи. Подобнымъ же образомъ въ пятомъ, шестомъ, седьмомъ и осьмомъ столбцахъ 8-й линіи мы находимъ указаніе, во сколькихъ видахъ мы можемъ выбирать комбинаціи 4, 5, 6 и 7 вещей изъ 7. Переходя къ 9-й линіи, мы находимъ послѣдовательно число видовъ, въ какихъ мы можемъ выбирать 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8 вещей изъ 8 вещей. Выражаясь общимъ языкомъ, если я желаю знать, во сколькихъ видахъ m вещей могутъ быть выбраны въ комбинаціяхъ изъ n вещей, то я долженъ посмотрѣть въ $n + 1$-ю линію и взять $m + 1$-е число, которое и будетъ отвѣтомъ. Напр. во сколькихъ видахъ подкомитетъ въ 5 лицъ можетъ быть выбранъ изъ комитета въ 9 лицъ? Отвѣтъ 126 и это есть шестое число въ 10-й линіи; оно равно $\frac{9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 5}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5}$, какъ даетъ наша формула (стр. 177).

Вся польза фигурныхъ чиселъ станетъ еще болѣе ясною, когда мы будемъ заниматься вѣроятностями; но я могу указать и здѣсь нѣсколько примѣровъ ея. Во сколькихъ видахъ мы можемъ расположить четыре монеты по орламъ и рѣшеткамъ? Вопросъ этотъ собственно значитъ, во сколькихъ видахъ мы можемъ выбрать 0, 1, 2, 3 и 4 орла изъ 4-хъ орловъ; и пятая линія треугольника даетъ полный отвѣтъ, что

Мы можемъ выбрать 0 орловъ и 4 рѣшетки въ 1 видѣ
» 1 орелъ » 3 рѣшетки » 4 видахъ
» 2 орла » 2 рѣшетки » 6 видахъ
» 3 орла » 1 рѣшетка » 4 видахъ
» 4 орла » 0 рѣшетка » 1 видѣ

Все число различныхъ случаевъ есть 16 или 2^4 и когда мы перейдемъ къ слѣдующей главѣ, то увидимъ, что эти числа выражаютъ также вѣроятности всѣхъ выходовъ съ четырьмя монетами.

На стр. 177 я представилъ вычисленіе числа видовъ, въ какихъ 8 планетъ могутъ встрѣтиться въ соединеніи, и читатель найдетъ всѣ эти числа въ 9-й линіи ариѳметическаго треугольника. Сумма всей линіи есть 2^8 или 256; но мы должны вычесть единицу на тотъ случай, когда не является ни одной планеты и 8 на тѣ случаи, когда является только одна; такъ что полное число соединеній есть 2^8—1—8 или 247. Если органъ имѣетъ 11 валовъ, то мы находимъ въ 12-й линіи числа видовъ, въ какихъ мы можемъ вынимать ихъ по 1, 2, 3 или болѣе одновременно. Такъ для вынутія 5 валовъ вдругъ есть 462 вида, и столько же для вынутія 6. Общее число различныхъ выниманій есть 2048, включая и тотъ единственный случай, когда не вынимается ни одного вала.

Самая важная научная польза ариѳметическаго треугольника состоитъ въ томъ, что онъ даетъ намъ свѣдѣнія на счетъ сравнительной частоты уклоненій отъ среднихъ величинъ. Предположимъ напр., что всѣ лица имѣютъ естественно одинаковый ростъ въ 5 футовъ; но въ молодости для каждаго существуетъ 7 шансовъ вырости еще на одинъ дюймъ. Изъ этихъ шансовъ одинъ, два или болѣе могутъ быть благопріятны для каждаго; но такъ какъ здѣсь не важно, какіе это шансы, чтобы получился дюймъ, то вопросъ сводится собственно къ числу комбинацій 0, 1, 2, 3 и проч. вещей изъ 7. Поэтому 8-я линія треугольника даетъ намъ такой полный отвѣтъ на вопросъ:

Изъ каждыхъ 128 лицъ

	футовъ	дюймовъ.
Одно лицо имѣло бы ростъ	5	0
7 лицъ » »	5	1
21 лицо » »	5	2
35 лицъ » »	5	3
35 лицъ » »	5	4
21 лицо » »	5	5
7 лицъ » »	5	6
1 лицо » »	5	7

Выбирая надлежащую линію треугольника, можно было бы получить отвѣтъ и при всякомъ болѣе естественномъ предположеніи. Эта теорія сравнительной частоты уклоненія отъ средней величины или средняго уровня была въ первый разъ указана Кетле и недавно была примѣнена къ дѣлу очень интереснымъ и смѣлымъ образомъ Франсисомъ Гальтономъ 1) въ его замѣчательномъ сочиненіи Hereditary Genius. Мы впослѣдствіи увидимъ, что теорія ошибки, составляющая послѣднюю инстанцію въ случаяхъ количественнаго изслѣдованія, основывается на сравнительныхъ числахъ комбинацій, представляемыхъ треугольникомъ.

Связь между ариѳметическимъ треугольникомъ и логическимъ алфавитомъ.

Существуетъ тѣсная связь между ариѳметическимъ треугольникомъ, описаннымъ въ предыдущемъ параграфѣ, и серіями комбинацій буквъ, называемыми логическимъ алфавитомъ. Первый тоже для математики, что второй для логики. Фигурныя числа въ треугольникѣ получаются отъ сложенія логическихъ комбинацій. Поэтому, какъ вся сумма чиселъ въ каждой линіи треугольника вдвое больше суммы предшествующей лиціи, такъ и каждый столбецъ алфавита (стр. 94) содержитъ вдвое больше комбинацій, чѣмъ предшествующій. Подобное же соотвѣтствіе существуетъ также между суммами всѣхъ линій цифръ до какой нибудь линіи внизъ и суммами комбинацій до какого нибудь столбца.

Разсматривая какой нибудь столбецъ логическаго алфавита, мы находимъ, что комбинаціи естественно группируются согласно съ фигуральными числами. Возьмемъ комбинаціи буквъ A, B, C, D; они состоятъ изъ тѣхъ видовъ, въ

---

1) См. также лекцію Гальтона въ Royal Institution. 27 Fev. 1874; каталогъ коллекціи научныхъ инструментовъ кенсингтонскаго музея № 48, 49; и Гальтонъ Philosophical Magazine, Jan. 1875.

какихъ я могу выбрать четыре, три, одну или ни одной изъ четырехъ буквъ, заполняя остающіяся пространства отрицательными терминами.

Есть одна комбинація, ABCD, въ которой находятся всѣ положительныя буквы; есть четыре комбинаціи, изъ которыхъ въ каждой находятся три положительныхъ буквы, шесть, въ которыхъ есть двѣ положительныхъ, четыре, въ которыхъ только одна, и наконецъ одинъ только случай, abcd, въ которомъ вовсе нѣтъ положительныхъ буквъ. Эти числа 1, 4, 6, 4, 1 суть числа 5 линіи треугольника, и подобное соотвѣтствіе оказывается въ каждомъ столбцѣ логическаго алфавита.

Численное отвлеченіе, какъ уже было сказано, состоитъ въ томъ, что оставляется безъ вниманія родъ различія и удерживается только сознаніе существованія его (стр. 155). Между тѣмъ какъ въ логикѣ мы имѣемъ дѣло съ каждой комбинаціей, какъ отдѣльнымъ родомъ вещи, въ ариѳметикѣ мы различаемъ только классы вещей, которые зависятъ отъ присутствія большаго или меньшаго числа положительныхъ терминовъ и числа этихъ классовъ прямо даютъ числа треугольника.

Здѣсь можно замѣтить, что мы имѣемъ два способа вычисленія всего числа сочетаній или комбинацій извѣстныхъ вещей. Или мы можемъ взять все число вдругъ какъ оно показано въ логическомъ алфавитѣ, и въ этомъ случаѣ число будетъ нѣкоторою степенью двухъ, или же мы можемъ вычислить послѣдовательно при помощи перемѣщеній число сочетаній ни одной, одной двухъ, трехъ вещей и т. д. И этимъ путемъ мы приходимъ къ необходимому тожеству между обоими серіями чиселъ. Въ случаѣ четырехъ вещей мы будемъ имѣть

$$2 = 1 + \frac{4}{1} + \frac{4 . 3}{1 . 2} + \frac{4 . 3 . 2}{1 . 2 . 3} + \frac{4 . 3 . 2 . 1}{1 . 2 . 3 . 4}$$

Переводя это выраженіе въ общую форму, мы получаемъ

$$2 = 1 + \frac{n}{1} + \frac{n. (n-1)}{1 . 2} + \frac{n (n-1)\ (n-2)}{1 . 2 . 3} + \text{и проч.},$$

продолжая термины до тѣхъ поръ, пока они перестанутъ имѣть какую нибудь величину. Такимъ образомъ мы приходимъ къ повѣркѣ простыхъ случаевъ Ньютонова бинома, примѣромъ котораго служитъ каждый столбецъ логическаго алфавита. Можно показать, что и всѣ другія математическія разложенія въ ряды также происходятъ отъ простыхъ процессовъ сочетанія; но болѣе подробное разсмотрѣніе этого предмета я отлагаю до другаго сочиненія.

Возможное разнообразіе природы и искуства.

Мы тогда только можемъ составить надлежащее понятіе о трудностяхъ, представляющихся въ извѣстныхъ отдѣлахъ науки, когда получимъ ясное представленіе о громадныхъ числахъ комбинацій или перемѣщеній, которыя возможны при извѣстныхъ условіяхъ. Только тогда мы можемъ увидѣть, какъ безнадежна была бы попытка разобрать всю природу въ подробностяхъ и исчерпать число могущихъ представиться случаевъ. Прежде всего поучительно посмотрѣть, какъ необычайно громадны числа комбинацій, съ которыми мы имѣемъ дѣло въ многихъ искуствахъ и играхъ.

Если мы возьмемъ колоду картъ, то число сдачъ въ 13 картъ каждая будетъ очевидно $52 \times 51 \times 50 \times \ldots . \times 40$ дѣленное на $1 \times 2 \times 3 \ldots \times 13$ или 635,013,559,600. Но въ вистѣ четыре сдачи держатся одновременно и число различныхъ сдачъ становится такимъ громаднымъ, что для выраженія его нуженъ былъ бы рядъ въ 28 цифръ. Если бы все населеніе земнаго шара, положимъ въ 1000 милліоновъ человѣкъ, играло въ карты день и ночь въ теченіи 100 милліоновъ лѣтъ, то они въ это время не исчерпали бы и одной стотысячной части возможныхъ сдачъ. Даже съ одними и тѣми же сдачами картъ игра можетъ разнообразиться до безконечности, такъ что полное разнообразіе возможныхъ игръ виста почти неисчислимо велико. Въ высшей степени невѣроятно, чтобы одна какая нибудь игра виста была когда нибудь совершенно сходна съ другою, если это не будетъ сдѣлано съ намѣреніемъ.

Можно было бы бояться, что прекратится новость въ искуствѣ, если бы мы не видѣли, что природа поставила недостижимую границу и что недостатокъ новости можетъ быть только вслѣдствіе несовершенства нашихъ изобрѣтательныхъ способностей. Наступило бы конечно непріятное время, когда бы всѣ возможныя измѣненія мелодіи были исчерпаны; но доказано, что если бы звонъ 24 колоколовъ продолжался непрерывно отъ такъ называемаго начала міра и до настоящаго времени, то еще не видно было бы конца возможныхъ измѣненій его. Мало того, если бы каждая минута была продолжена въ 10,000 лѣтъ, то и тогда это дѣло осталось бы не конченнымъ [1]). Что касается обыкновенныхъ мелодій, то восемь тоновъ одной только октавы дали бы болѣе 40,000 перемѣщеній, а двухъ октавъ болѣе милліона милліоновъ. А если принять въ разсчетъ полутоны, то станетъ ясно, что невозможно исчерпать разнообразіе музыки. Когда Д. С. Милль въ мрачномъ настроеніи духа боялся приближенія конца разнообразія музыкальныхъ мелодій, то это доказывало только, что онъ недостаточно былъ знакомъ съ ученіемъ о перемѣщеніяхъ.

---

[1]) Уэллисъ, of Combinations, p. 116, ссылка на Боссіуса.

Подобныя же соображенія примѣняются и къ возможному числу естественныхъ веществъ, хотя мы и не можемъ всегда дать точныхъ числовыхъ результатовъ. Гатшетъ рекомендовалъ когда то ²) произвести систематическое изслѣдованіе металлическихъ сплавовъ, начиная съ двойныхъ и переходя къ болѣе сложнымъ тройнымъ и четвернымъ. Едвали онъ ясно понималъ обширность предложеннаго имъ изслѣдованія. Если бы мы производили опыты только надъ 30 извѣстными металлами, то число двойныхъ сплавовъ было бы 453, тройныхъ 4060, четверныхъ 27,405, если бы даже мы не обращали вниманія на различныя пропорціи сплавляемыхъ металловъ, а только имѣли въ виду родъ металла. Если бы мы варіировали всѣ тройные сплавы количествами не менѣе одного процента, то число этихъ сплавовъ было бы 11,445,060. Такимъ образомъ не можетъ быть и рѣчи объ исчерпывающемъ изслѣдованіи этого предмета и если при этомъ не были бы открыты какіе нибудь законы, связывающіе свойства сплавовъ съ ихъ составными частями, то едвали наше знаніе объ нихъ стало когда нибудь болѣе чѣмъ отрывочнымъ.

Возможное разнообразіе опредѣленныхъ химическихъ соединеній также громадно. Химики уже изслѣдовали многія тысячи неорганическихъ веществъ и еще большее число органическихъ соединеній; но они не высказали опредѣленно даже догадокъ на счетъ числа ихъ, какое можетъ существовать. Если взять число простыхъ тѣлъ 61, то число различныхъ соединеній, изъ 4 простыхъ тѣлъ каждое, было бы не менѣе полумилліона (521,855). Такъ какъ одни и тѣже простыя тѣла соединяются въ нѣсколькихъ различныхъ пропорціяхъ, а нѣкоторыя изъ нихъ, въ особенности углеродъ, имѣютъ способность давать почти безконечное число соединеній, то едва ли возможно указать какую нибудь границу для числа химическихъ соединеній, которыя могутъ образоваться. Такимъ же образомъ есть отдѣлы физической науки, въ которыхъ ученые люди при всемъ ихъ стараніи едва ли могутъ когда либо достигнуть знанія, хоть въ какой нибудь замѣтной степени приближающагося къ полнотѣ.

Высшіе порядки разнообразія.

Факты уже изложенные нами въ настоящей главѣ еще не дадутъ намъ надлежащаго понятія о возможномъ разнообразіи существованія, если мы не примемъ еще въ соображеніе сравнительныхъ чиселъ сочетаній различныхъ

---

²) Philosoprical Thansactions (1803) v. XCIII. p. 193.

порядковъ. Подъ сочетаніемъ высшаго порядка я разумѣю сочетаніе группъ, которыя сами суть группы. Огромное число соединеній углерода, водорода и кислорода, описываемыхъ въ органической химіи, представляетъ сочетанія втораго порядка, потому что вмѣсто атомовъ здѣсь входятъ въ соединенія группы группъ ихъ. Звуковая волна производимая музыкальнымъ инструментомъ можетъ быть разсматриваема какъ комбинація движеній; масса звуковъ исходящая изъ большаго оркестра есть поэтому сложный аггрегатъ звуковъ, изъ которыхъ каждый самъ есть сложное сочетаніе движеній. Можно сказать, что вся литература развилась изъ различія между бѣлой бумагой и черными чернилами. Изъ безпредѣльнаго числа возможныхъ знаковъ выбраны 26 условныхъ буквъ. Произносимыя сочетанія буквъ составляютъ вѣроятно нѣсколько триллiоновъ. Но такъ какъ фраза есть выборъ нѣсколькихъ словъ, то возможное число фразъ должно быть невообразимо больше числа словъ, изъ которыхъ могутъ составляться фразы. Книга есть сочетаніе фразъ, а библіотека сочетаніе книгъ. Такимъ образомъ книгу можно считать сочетаніемъ пятаго порядка и нужно было бы крайнее напряженіе средствъ численнаго выраженія для того, чтобы попытаться выразить число различныхъ библіотекъ, которыя можно было бы составить. Конечно вычисленіе было бы невозможно, такъ какъ соединеніе буквъ въ слова, словъ въ фразы, а фразъ въ книги управляется столь сложными условіями, что оно не поддается анализу. Я желаю только указать на то, что безконечное разнообразіе литературы, существующее или возможное, развилось изъ одного основнаго различія. Галилей замѣтилъ, что вся истина содержится въ предѣлахъ алфавита. Онъ долженъ былъ бы сказать, что она вся заключается въ различіи между чернилами и бумагою.

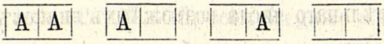
Одно слѣдствіе послѣдовательныхъ комбинацій состоитъ въ томъ, что самые простые знаки достаточны для выраженія какого угодно свѣдѣнія. Френсисъ Беконъ предлагалъ для секретной переписки друбуквенный шифръ, который сводилъ всѣ буквы азбуки на перемѣщенія двухъ буквъ a и b. Такъ A было aaaaa, B aaaab, X babab и т. д. *). Подобнымъ же образомъ, какъ ясно видѣлъ Беконъ, всякое различіе могло быть взято основаніемъ для системы сигналовъ. Алфавитъ Морза употребляетъ только рядъ длинныхъ и короткихъ знаковъ, а другія системы телеграфнаго языка употребляютъ черты направо и налѣво. Одна лампа, затемняемая черезъ различные промежутки, длинные или короткіе, можетъ выговаривать всякое слово, а съ двумя лампами, различающимися по цвѣту, положенію или по другому обстоятельству, мы могли бы сразу со-

---

*) Works, ed. Shaw, v. I. p. 141—145, цитировано въ Encyclopaedia Рица, стат. Cipher.

ставить двубуквенный алфавитъ Бекона. Беббеджъ подалъ остроумную мысль, чтобы каждый маякъ въ мірѣ устраивался такъ, чтобы постоянно произносилъ свое названіе или номеръ посредствомъ освѣщеній и затемнѣній различной продолжительности и въ различномъ порядкѣ. Система подобная системѣ Беббеджа примѣнена въ настоящее время къ маякамъ Великобританіи серомъ В. Томсономъ и Джономъ Гопкинсономъ.

Вычислимъ числа комбинацій различныхъ порядковъ, которыя могутъ получиться отъ присутствія или отсутстія одного знака, положимъ А. Въ этихъ фигурахъ



мы имѣемъ четыре различныхъ вида. Составимъ изъ нихъ группу высшаго порядка и посмотримъ, во сколькихъ видахъ мы можемъ варьировать эту группу, опуская одну или нѣсколько изъ составныхъ частей. Такъ какъ есть четыре части и каждая можетъ присутствовать или отсутствовать, то число возможныхъ варьяцій будетъ $2\times2\times2\times2$ или 16. Изъ нихъ составимъ новое цѣлое и будемъ дѣлать варьяціи, опуская одну или нѣсколько изъ 16. Число возможныхъ измѣненій будетъ теперь 2^{16}; и мы можемъ повторять процессъ опять и опять. Вообразимъ себѣ, что мы производимъ предметы, число которыхъ выражается послѣдовательными степенями *двухъ*.

На первой ступени мы имѣемъ 2; на второй 2^2 или 4; на третьей 2^{2^2} или 16, числа весьма умѣренныя. Пусть читатель вычислитъ слѣдующій терминъ $2^{2^{2^2}}$ и онъ удивится, найдя, что величина его достигаетъ 65,536. На дальнѣйшей ступени ему должно будетъ вычислить величину 65,536 *двухъ* перемноженныхъ между собою, и она такъ велика, что мы едва ли могли бы сосчитать ее, такъ какъ для выраженія результата потребовался бы рядъ цифръ въ 19,729. Дальнѣйшая ступень уже выходитъ изъ предѣловъ нашего представленія. Шестой порядокъ степеней *двухъ* такъ великъ, что мы даже не могли бы выразить ряда цифръ нужныхъ для его написанія, такъ какъ для этого только нуженъ былъ бы рядъ въ 19,729 цифръ. Послѣдовательные порядки степеней *двухъ* имѣютъ поэтому слѣдующія величины, насколько мы можемъ выразить ихъ:

Первый порядокъ	2
Второй порядокъ	4
Третій порядокъ	16
Четвертый порядокъ.	65,536
Пятый порядокъ; для выраженія числа нужно	19,729 цифръ

Шестой порядокъ; для выраженія его нужно столько цифръ, что для написанія числа ихъ нуженъ рядъ цифръ около	19,729

Мы можемъ получить нѣкоторое понятіе о безконечности, когда подумаемъ, что эта шестая степень, превышающая всякія границы нашего представленія, далеко еще не есть приближеніе къ предѣлу. Напротивъ, мы могли бы переступить черезъ сто такихъ ступеней и были бы все еще далеко отъ настоящей безконечности.

Достойно замѣчанія, что наши средства выраженія значительно превышаютъ возможное множество конечныхъ предметовъ, которые могутъ существовать въ какомъ нибудь опредѣленномъ пространствѣ. Архимедъ показалъ уже давно въ одномъ изъ самыхъ замѣчательныхъ сочиненій древности, Liber de arenae numerorum, что можно было бы счесть песчинки песку въ мірѣ или же если бы они были сочтены, то результатъ можно было бы выразить ариѳметическими знаками. Расширимъ эту задачу и посмотримъ, можемъ ли мы выразить число атомовъ, которые могутъ существовать въ видимой вселенной. Самыя далекія звѣзды видимыя въ телескопъ, звѣзды 16 величины, находятся на разстояніи, какъ полагаютъ, около 33,900,000,000,000,000 миль. Серъ В. Томсонъ показалъ основанія предполагать, что въ кубическомъ центиметрѣ твердаго или жидкаго вещества существуетъ не болѣе какъ отъ 3×10^{24} до 10^{26} частицъ *). Если предположить, что эти данныя вѣрны, то простое вычисленіе даетъ намъ возможность показать, что почти невообразимо огромная сфера нашей звѣздной системы, если бы ее всю наполнить твердымъ веществомъ, содержала бы не болѣе 68×10^{90} атомовъ, т. е. потребное для его выраженія число цифръ было бы 92. А это число безъ всякаго сравненія меньше пятаго порядка степеней *двухъ*.

Въ разнообразіи логическихъ отношеній, которыя могутъ существовать между извѣстнымъ числомъ логическихъ терминовъ, мы также встрѣчаемъ случай высшихъ сочетаній. Мы видимъ (стр. 139), что только при шести терминахъ число возможныхъ выборовъ комбинацій есть круглымъ числомъ 18, стоящее на 18-мъ мѣстѣ. Если принять въ соображеніе, что самое обыкновенное дѣло употреблять аргументъ, содержащій шесть предметовъ или терминовъ, то нельзя не придти въ нѣкоторое изумленіе отъ того, что полное изслѣдованіе отношеній, въ какихъ могутъ находиться между собою эти термины, требуетъ разсмотрѣнія почти невообразимаго числа случаевъ. Но впрочемъ эти числа возможныхъ логическихъ отношеній относятся только ко второму порядку комбинацій.

---

*) Nature, v. I p. 553.

ГЛАВА X.

ТЕОРІЯ ВѢРОЯТНОСТИ.

Предметъ, къ разсмотрѣнію котораго мы теперь приступаемъ, нельзя разсматривать только какъ изолированную и любопытную область умозрѣнія. Напротивъ, онъ составляетъ необходимое основаніе сужденій, которыя мы составляемъ въ научныхъ изслѣдованіяхъ, и рѣшеній, къ которымъ мы приходимъ при веденіи обыкновенныхъ дѣлъ. Какъ справедливо замѣтилъ Ботлеръ, «вѣроятность есть настоящая руководительница жизни». Если бы наука о числѣ не имѣла другихъ цѣлей, то ее слѣдовало бы изучать единственно для изученія вѣроятностей. Всѣ наши умозаключенія о будущемъ только вѣроятны и должная оцѣнка степени вѣроятности зависитъ отъ пониманія принциповъ этого предмета. Я убѣжденъ, что нельзя развить основательнымъ образомъ методовъ индукціи, не положивши въ основаніе ихъ теоріи вѣроятности. Только одно совершенное знаніе можетъ быть достовѣрнымъ, а такое знаніе относительно природы было бы безконечнымъ знаніемъ, которое превышаетъ наши способности. Поэтому мы должны довольствоваться отрывочнымъ знаніемъ, смѣшаннымъ съ незнаніемъ, возбуждающимъ сомнѣніе.

Большую трудность въ этомъ изслѣдованіи представляетъ то, чтобы составить точное понятіе о предметѣ, подлежащемъ изслѣдованію. Что такое мы считаемъ, измѣряемъ и вычисляемъ въ теоріи вѣроятностей? Есть ли это вѣра, мнѣніе, сомнѣніе или знаніе, случай или необходимость, или недостатокъ искуства? Существуетъ ли вѣроятность въ вещахъ, которыя вѣроятны, или въ умѣ, который считаетъ ихъ вѣроятными? Этимологія слова не даетъ намъ никакихъ указаній; probable (вѣроятный) есть тоже самое слово что и provable (доказательный)—любопытный примѣръ слова, дифференцировавшагося въ двухъ противоположныхъ значеніяхъ.

Случай (случайность) не можетъ быть предметомъ теоріи, потому что въ дѣйствительности нѣтъ такой вещи какъ случай, который бы производилъ событія или управлялъ ими. Слово случай означаетъ *паденіе* (въ русскихъ выраженіяхъ «жребій палъ», «на мою долю выпало» и проч.) и понятіе паденія постоянно употребляется какъ подобіе для выраженія неизвѣстности или ненавѣрности, потому что мы рѣдко можемъ предсказать, какъ упадетъ игральная кость, монета и листъ или когда пуля попадетъ въ цѣль. Но каждый послѣ небольшаго размышленія видитъ, что недостаточность заключается въ нашемъ знаніи, а не въ невѣрности законовъ природы. Относительно молніи не можетъ быть ни малѣйшаго сомнѣнія на счетъ того пункта, въ который она ударитъ; въ самой сильной бурѣ нѣтъ ничего капризнаго; сколько песчинокъ на морскомъ берегу,—но безконечное знаніе объяснило бы вполнѣ, какъ они попали сюда; и даже движеніе всякаго падающаго листа совершается по тѣмъ же механическимъ принципамъ, которые управляютъ движеніями небесныхъ тѣлъ.

Поэтому случайности нѣтъ въ природѣ и она несовмѣстна съ знаніемъ она, какъ замѣтилъ Лапласъ, есть только выраженіе иашего незнанія дѣйствующихъ причинъ и вытекающей изъ этого нашей неспособности предсказать результатъ или произвести его почти безошибочно. Въ природѣ совершеніе каждаго событія было предопредѣлено съ перваго же образованія вселенной. *Вѣроятность всецѣло принадлежитъ уму*. Это доказывается тѣмъ фактомъ, что разные умы признаютъ за однимъ и тѣмъ же событіемъ, въ одно и тоже время, различныя степени вѣроятности. Напримѣръ, если пароходъ не пришелъ во-время, то нѣкоторые думаютъ, что онъ потонулъ въ океанѣ; другіе же разсуждаютъ объ этомъ иначе. Въ самомъ событіи не можетъ быть такого разногласія; пароходъ или потонулъ или не потонулъ, и никакія послѣдующія разсужденія о вѣроятной природѣ событія не могутъ измѣнить факта. Но вѣроятность этого событія будетъ измѣняться каждый день и для каждаго ума смотря по малѣйшимъ свѣдѣніямъ, получаемыхъ о судахъ, встрѣченныхъ въ морѣ, по преобладающему состоянію погоды, по находимымъ остаткамъ крушенія или по прежнему состоянію судна. Такимъ образомъ вѣроятность есть положеніе нашего ума, есть тотъ свѣтъ, въ которомъ мы разсматриваемъ событія, совершеніе или несовершеніе которыхъ само по себѣ несомнѣнно. Поэтому многіе писатели утверждали, что вѣроятность заключается въ степени или количествѣ вѣры. Де Морганъ говоритъ: «подъ степенью вѣроятности мы разумѣемъ или должны разумѣть степень вѣры» [1]). Донкинъ высказалъ мнѣніе о вѣроятности, какъ о количествѣ «вѣры». Но меня никогда не удовлетворяли такія опредѣленія вѣроятности. Природа вѣры нисколько не яснѣе для моего ума того понятія, для опредѣленія котораго она употребляется. Но самое существенное возраженіе состоитъ въ томъ, что теорія измѣряетъ не вѣру, но то, что должно случиться. Не многіе умы мыслятъ въ полномъ согласіи съ теоріей и есть много случаевъ, когда существующая вѣра обыкновенно бываетъ отлична отъ того, что должно быть. Если бы даже состояніе вѣры въ какомъ нибудь умѣ могло быть измѣрено и выражено числами, то результаты ничего бы не значили. Значеніе теоріи состоитъ въ томъ, что она исправляетъ нашу вѣру и руководитъ ею и приводитъ состоянія нашего ума, а слѣдовательно и наши дѣйствія въ гармонію съ нашимъ знаніемъ внѣшнихъ условій.

---

[1]) Formal Logic, p. 172.

Это возраженіе ясно сознавали нѣкоторые изъ тѣхъ, которые брали количество вѣры какъ опредѣленіе вѣроятности. Такъ Де Морганъ прибавляетъ: «но вѣра есть только другое названіе для несовершеннаго знанія». Донкинъ вѣрно замѣтилъ, что вѣра «всегда обусловливается извѣстнымъ состояніемъ знанія или незнанія; но нужно замѣтить, что она безусловна въ томъ смыслѣ, что не ограничивается какимъ нибудь индивидуальнымъ умомъ; такъ какъ если бы предположить, что предварительное знаніе одинаково, то всѣ умы должны были бы располагать свою вѣру одинаковымъ образомъ» ¹). Буль кажется держался такого же взгляда, когда представлялъ теорію, имѣющею дѣло «съ равнымъ распредѣленіемъ незнанія» ²); но мы могли бы съ такимъ же правомъ сказать, что она имѣетъ дѣло съ одинаковымъ распредѣленіемъ знанія.

Я предпочитаю совсѣмъ обойтись безъ этого темнаго слова вѣра и сказать, что теорія вѣроятности имѣетъ дѣло съ *количествомъ знанія*,—выраженіе, точное значеніе и мѣра котораго можетъ быть дана сейчасъ же. Событіе представляется намъ только вѣроятнымъ тогда, когда наше знаніе объ немъ соединено съ незнаніемъ и когда необходимо точное вычисленіе, чтобы узнать, сколько мы знаемъ и сколько не знаемъ. Нѣкоторые писатели думали, что дѣло теоріи состоитъ въ томъ, чтобы развивать знаніе изъ незнанія; но какъ прекрасно замѣтилъ Донкинъ, она напротивъ есть «методъ, ведущій къ тому, чтобы избѣгать основыванія вѣры на незнаніи». Она опредѣляетъ основательныя ожиданія посредствомъ измѣренія сравнительныхъ количествъ знанія и незнанія и учитъ насъ регулировать наши дѣйствія относительно будущихъ событій такъ, чтобы впослѣдствіи намъ пришлось испытывать наименѣе разочарованій. Она есть, какъ удачно выразился Лапласъ, *здравый смыслъ*

---

¹) Philosophical, Magazin, 4 ser. v. I. p. 355.

²) Transactions of the Royal Soc. of Edinburgh, v. XXI. p. 4.

переведенный на вычисленіе. Эта теорія представляется мнѣ самымъ величественнымъ созданіемъ ума и я рѣшительно не могу понять, какимъ образомъ люди, какъ Огюстъ Контъ и Д. С. Милль, могли такъ умалять ея значеніе и задавать праздный вопросъ о ея дѣйствительности.

Основные принципы теоріи.

Вычисленіе вѣроятностей, какъ я понимаю, основывается въ дѣйствительности на принципѣ умозаключенія, изложенномъ въ предыдущихъ главахъ. Съ равными мы должны поступать одинаково и то, что мы знаемъ объ одномъ случаѣ, мы можемъ утверждать о всякомъ сходномъ съ нимъ случаѣ въ надлежащихъ обстоятельствахъ. Теорія состоитъ въ томъ, чтобы ставить наравнѣ подобные случаи и поровну распредѣлять между ними всякое знаніе, какое только мы имѣемъ. Бросимъ монету вверхъ и разсмотримъ, что мы знаемъ относительно того, какъ она упадетъ. Мы знаемъ, что она навѣрное упадетъ одною стороною, такъ что сверху будетъ орелъ или рѣшетка; но относительно того, будетъ ли орелъ или рѣшетка, наше знаніе раздѣлено равно. Все, что мы знаемъ относительно орла, знаемъ также и относительно рѣшетки, такъ что мы не имѣемъ основанія ожидать скорѣе орла, чѣмъ рѣшетки, или наоборотъ. Малѣйшее преобладаніе вѣры въ пользу одной какой нибудь стороны было бы нераціонально; это значило бы трактовать неодинаково вещи, о которыхъ наше знаніе одинаково.

Теорія не требуетъ, какъ ошибочно предполагали нѣкоторые писатели, чтобы мы сначала убѣдились опытомъ въ одинаковой возможности разсматриваемыхъ событій. Если мы можемъ изслѣдовать и измѣрять дѣйствующія причины, тогда событія выходятъ изъ сферы вѣроятности. Роль теоріи начинается тамъ, гдѣ начинается незнаніе, а то знаніе, которое мы имѣемъ, должно быть распредѣлено между многими случаями. Не говоритъ теорія также и того, что монета будетъ падать вверхъ одною стороною столь же часто, какъ и другою. Почти невозможно, чтобы это случилось, потому что какая нибудь неодинаковость въ формѣ, или какая нибудь одинаковость въ бросаніи ея почти навѣрное произведетъ небольшой перевѣсъ въ одномъ направленіи. Но такъ какъ мы не знаемъ напередъ, на какую сторону окажется перевѣсъ, то мы и не имѣемъ основанія ожидать больше орловъ, чѣмъ рѣшетокъ. Но состояніе нашего знанія измѣнилось бы, если бы мы бросили монету нѣсколько разъ и замѣтили результаты. Каждое подбрасываніе даетъ намъ нѣкоторое указаніе на вѣроятную тенденцію монеты въ какую нибудь сторону и въ слѣдующихъ разсчетахъ мы должны принимать ее въ соображеніе. Въ другихъ случаяхъ опытъ могъ бы показать намъ, что мы сильно ошибались. Мы можемъ ожидать, что игральная кость будетъ столь же часто падать на одну изъ шести сторонъ какъ и на всѣ другія; но опытъ можетъ сказать намъ, что одна кость была положимъ поддѣльная, имѣла одну сторону болѣе тяжелую, и потому падала чаще на эту сторону. Теорія не обманула бы насъ; она вѣрно разработывала имѣющееся у насъ знаніе, а это все, что можетъ сдѣлать теорія.

Можно спросить, какъ спрашивалъ Милль, зачѣмъ тратить столько хлопотъ на вычисленіе изъ несовершенныхъ данныхъ, когда съ небольшими хлопотами мы могли бы достигнуть достовѣрнаго заключенія посредствомъ дѣйствительной повѣрки? Зачѣмъ вычислять вѣроятность того, что измѣреніе было вѣрно, когда мы прямо можемъ испытать, вѣрно ли оно? Но, какъ я покажу въ слѣдующихъ частяхъ этого сочиненія, въ измѣреніяхъ мы никогда не достигаемъ совершеннаго совпаденія. Два измѣренія одной и той же линіи, служащей базисомъ при съемкѣ, могутъ давать разницу въ нѣсколько дюймовъ и не бываетъ средства узнать, какой результатъ вѣрнѣе. Третье измѣреніе по всей вѣроятности было бы не согласно съ обоими первыми. Предпочтеніе одного какого нибудь измѣренія предполагало бы, что мы знаемъ, что оно самое вѣрное,—чего на дѣлѣ нѣтъ. Въ этомъ состояніи незнанія единственнымъ руководствомъ служитъ теорія вѣроятности, которая показываетъ, что въ концѣ концовъ среднее число изъ различныхъ результатовъ будетъ наиболѣе близко къ истинѣ. Во всѣхъ другихъ научныхъ операціяхъ совершенное знаніе невозможно и если бы мы перебрали всѣ наши инструментальныя средства для достиженія истины, то все-таки осталось бы поле для ошибокъ, которое можно успѣшно обработать только посредствомъ принциповъ вѣроятности.

Методъ, употребляемый въ этой теоріи, состоитъ въ вычисленіи числа случаевъ или событій, относительно которыхъ наше знаніе одинаково. Если бы мы имѣли хоть малѣйшее основаніе подозрѣвать, что одно событіе можетъ случиться скорѣе, чѣмъ другое, то мы приняли бы въ соображеніе это знаніе. Сдѣлавши это, мы должны опредѣлить все число событій, которыя, насколько намъ извѣстно, равно возможны. Такъ, если бы мы не имѣли основанія предполагать, что монета будетъ падать чаще однимъ чѣмъ другимъ образомъ, то оба случая, орелъ и рѣшетка, одинаково возможны или вѣроятны. Но если на основаніи опытнаго испытанія или какъ нибудь иначе мы знаемъ или воображаемъ что знаемъ, что изъ 100 подбрасываній 55 даютъ рѣшетку, тогда вѣроятность измѣряется отношеніемъ 55 къ 100.

Математическія формулы теоріи вѣроятностей совершенно тѣже, что и теоріи сочетаній. Въ этой послѣдней теоріи мы опредѣляемъ, во сколькихъ видахъ могутъ соединяться между собою явленія и затѣмъ нужно примѣнить это знаніе къ вычисленію числа видовъ, въ какихъ можетъ совершиться извѣстное событіе. Сравнительное число видовъ, въ какихъ событія могутъ случаться, и служитъ мѣрою ихъ сравнительной вѣроятности. Если мы бросимъ вверхъ три монеты, то какова вѣроятность, чтобы двѣ изъ нихъ упали рѣшеткой? Вопросъ этотъ равняется вопросу, во сколькихъ возможныхъ видахъ мы можемъ выбрать двѣ рѣшетки изъ трехъ, сравнительно со всѣмъ числомъ видовъ, въ какихъ могутъ быть расположены монеты. Четвертая линія ариѳметическаго треугольника даетъ намъ отвѣтъ на это. Все число видовъ, въ которыхъ мы можемъ выбрать или оставить три вещи, есть 8, а возможныя сочетанія при этомъ двухъ вещей 3; поэтому вѣроятность двухъ рѣшетокъ есть отношеніе 3 къ 8. Изъ чиселъ въ треугольникѣ мы можемъ подобнымъ же образомъ вывести слѣдующія вѣроятности:

Одно сочетаніе даетъ 0 рѣшетокъ. Вѣроятность $^{1}|_{8}$.
Три сочетанія даютъ 1 рѣшетку. Вѣроятность $^{3}|_{8}$.
Три сочетанія даютъ 2 рѣшетки. Вѣроятность $^{3}|_{8}$.
Одно сочетаніе даетъ 3 рѣшетки. Вѣроятность $^{1}|_{8}$.

Мы можемъ примѣнить тѣже соображенія къ воображаемымъ причинамъ различія возраста, сочетанія которыхъ показаны на стр. 183. Есть всего 128 видовъ, въ которыхъ 7 причинъ могутъ присутствовать или отсутствовать. Но 21 изъ этихъ сочетаній даютъ прибавленіе въ 2 дюйма, такъ что вѣроятность того, что человѣкъ при этихъ обстоятельствахъ будетъ 5 футовъ 2 дюйма есть $\frac{21}{128}$. Вѣроятность 5 ф. 3 д. есть $\frac{35}{128}$; 5 ф. 1 д. $\frac{7}{128}$; 5 ф. $\frac{1}{128}$ и т. д. Поэтому 8-я линія ариѳметическаго треугольника даетъ всѣ вѣроятности, происходящія отъ сочетанія 7 причинъ.

Правила для вычисленія вѣроятностей.

Я хочу объяснить теперь возможно простымъ образомъ правила вычисленія вѣроятностей. Главное правило состоитъ въ слѣдующемъ:

Найти число событій, которыя могутъ случиться независимо другъ отъ друга, и которыя, насколько намъ извѣстно, одинаково вѣроятны. Это число взять знаменателемъ дроби; а числителемъ ея нужно взять число случаевъ, предполагающихъ или составляющихъ совершеніе того событія, вѣроятность котораго ищется.

Такъ, если буквы слова Roma расположить наудачу въ рядъ, то какова вѣроятность того, что они составятъ латинское слово имѣющее значеніе? Число возможныхъ расположеній 4 буквъ есть $4 \times 3 \times 2 \times 1$ или 24 (стр. 174), и если разобрать всѣ расположенія, то окажется, что 7 изъ нихъ имѣютъ значеніе, именно Roma, ramo, oram, mora, maro, armo и amor. Поэтому вѣроятность результата со значеніемъ есть $^7/_{24}$.

Мы должны отличать сравнительную вѣроятность отъ абсолютной. Вынимая наудачу карту изъ колоды, мы не имѣемъ никакого основанія ожидать, что вынется одна какая нибудь, а не другая. Но такъ какъ въ колодѣ четыре короля и четыре дамы, то существуетъ столько же случаевъ выниманія первыхъ какъ и послѣднихъ, и вѣроятности ихъ равны. Бубенъ же существуетъ 13, такъ что вѣроятность короля относится къ вѣроятности бубенъ, какъ 4 къ 13. Поэтому вѣроятность каждой карты пропорціональна числу разовъ ея возможнаго выхода. Далѣе возможность вынутія короля можетъ представиться четыре раза, а не вынутія 48 разъ, такъ что и вѣроятности пропорціональны этимъ числамъ или, какъ говорятъ, шансы или перевѣсъ противъ вынутія короля относятся, какъ 48 къ 4. Шансы расположены 7 къ 17 въ пользу, или 17 къ 7 противъ случайнаго образованія имѣющаго значеніе слова изъ буквъ R, o, m, a. Шансы составляютъ 5 къ 3 противъ двухъ появленій рѣшетки во время трехъ бросаній монеты. Наоборотъ, когда даны шансы какого нибудь событія и требуется найти вѣроятность, то *нужно взять шансы въ пользу событія числителемъ, а сумму шансовъ знаменателемъ.*

Очевидно, что событіе достовѣрно или навѣрно, когда всѣ могущія произойти комбинаціи причинъ производятъ это явленіе. Если мы выразимъ вѣроятность такого событія согласно съ нашимъ правиломъ, то она дастъ отношеніе нѣкотораго числа къ самому себѣ или единицу. Событія навѣрное не случится, когда ни одно возможное сочетаніе причинъ не производитъ событія и отношеніе по тому же правилу будетъ отношеніе 0 къ нѣкоторому числу. Отсюда слѣдуетъ, что въ теоріи вѣроятностей достовѣрность выражается 1, а невозможность 0. И этимъ знакамъ не нужно придавать какого нибудь мистическаго значенія, такъ какъ они просто выражаютъ тотъ фактъ, что *всѣ* возможныя сочетанія даютъ событіе или *ни одно* не даетъ его.

Подъ *сложнымъ* событіемъ мы разумѣемъ такое, которое можетъ быть разложено на два или болѣе простѣйшихъ событія. Такъ выстрѣлъ изъ ружья можетъ быть разложенъ на движеніе собачки, паденіе курка, взрывъ пистона и проч. Въ этомъ примѣрѣ простыя явленія не *независимы*; потому что если потянуть за собачку, то при надлежащихъ условіяхъ другія событія послѣдуютъ необходимо, и вѣроятность ихъ будетъ совершенно такая же, какъ и перваго событія. Но событія независимы, когда появленіе одного не дѣлаетъ болѣе или менѣе вѣроятнымъ, чѣмъ прежде, появленіе другаго. Такъ смерть какого нибудь человѣка не становится менѣе вѣроятною потому, что планета Марсъ стала видимою. Если составляющія событія независимы, то можетъ быть дано простое правило для вычисленія вѣроятности составнаго событія, именно *умножить дроби, выражающія вѣроятности независимыхъ составляющихъ событій.*

Вѣроятность полученія рѣшетки два раза сряду при бросаніи монеты есть $^1|_2\times{}^1|_2$ или $^1|_4$; вѣроятность полученія три раза есть $^1|_2\times{}^1|_2\times{}^1|_2$ или $^1|_8$, результатъ согласный съ тѣмъ, который былъ полученъ повидимому различнымъ способомъ (стр. 195). Дѣйствительно, когда мы перемножаемъ знаменателей, то получаемъ все число случаевъ появленія сложнаго событія, а когда мы перемножаемъ числителей, то получаемъ число благопріятныхъ шансовъ для изслѣдуемаго событія.

Вѣроятности можно слагать или вычитать одни изъ другихъ подъ тѣмъ важнымъ условіемъ, чтобы разсматриваемыя событія исключали другъ друга, такъ чтобы могло случаться только одно изъ нихъ и ничто другое. Можно было бы доказывать, что такъ какъ вѣроятность полученія орла при первомъ бросаніи есть $^1|_2$ и при второмъ бросаніи также $^1|_2$, то вѣроятность полученія его въ первыхъ двухъ бросаніяхъ есть $^1|_2+{}^1|_2$ или достовѣрность. Но этотъ результатъ не только очевидно нелѣпъ, но повтореніе такого процесса привело бы насъ къ вѣроятности $1^1|_2$ или какого нибудь еще большаго числа,—результаты, которые уже вовсе не имѣли бы никакого смысла. Вѣроятность, которую мы желаемъ вычислить, есть вѣроятность одного орла при двухъ бросаніяхъ, между тѣмъ въ наше сложеніе мы внесли случай, въ которомъ являются два орла. Вѣрный результатъ будетъ $^1|_2+{}^1|_2\times{}^1|_2$ или $^3|_4$, т. е. вѣроятность орла при первомъ бросаніи, сложенная съ исключающею вѣроятностью, что если не явится онъ при первомъ бросаніи, то явится при второмъ. Величайшія трудности теоріи происходятъ отъ смѣшиванія исключающихъ и неисключающихъ альтернативъ. Я напомню читателю, что мы уже разсмотрѣли выше (стр. 68) возможность неисключающихъ альтернативъ, и къ приведеннымъ тамъ основаніямъ считать альтернацію логически неисключающею я могу еще прибавить существованіе указанныхъ трудностей въ теоріи вѣроятности. Ошибочный результатъ, представленный выше, происходитъ отъ забыванія того, что выраженіе «орелъ перваго бросанія или орелъ втораго бросанія» можетъ обозначать случай орла при обоихъ бросаніяхъ.

Логическій алфавитъ въ вопросахъ вѣроятности.

Когда даны вѣроятности извѣстныхъ простыхъ событій и требуется вывести вѣроятности сложныхъ событій, то логическій алфавитъ можетъ оказать при этомъ пособіе, если только нѣтъ спеціальныхъ логическихъ условій, такъ что всѣ комбинаціи возможны. Такъ, если будутъ три событія, A, B, C, вѣроятности которыхъ α, β, γ, то отрицанія этихъ событій, выражающія отсутствіе событій, будутъ имѣть вѣроятности $1-\alpha$, $1-\beta$, $1-\gamma$. Намъ остается только вставить эти величины вмѣсто буквъ комбинацій и перемножить ихъ, и мы получимъ вѣроятность каждой комбинаціи. Такъ вѣроятность ABC будетъ α, β, γ; вѣроятность Abc будетъ $\alpha\,(1-\beta)\,(1-\gamma)$.

Мы теперь можемъ ясно отличать вѣроятности исключающихъ и не исключающихъ событій. Такъ, если A и B представляютъ событія, которыя могутъ случаться вмѣстѣ, подобно дождю и приливу, или землетрясенію и бурѣ, то вѣроятность появленія A или B не есть сумма ихъ отдѣльныхъ вѣроятностей. Потому что по законамъ мышленія мы можемъ развить A ·|· B въ AB ·|· Ab ·|· aB, а подставляя α и β какъ вѣроятности A и B, мы получаемъ $\alpha.\beta+\alpha(1-\beta)+(1-\alpha)\beta$ или $\alpha+\beta-\alpha.\beta$. Но если событія несовмѣстны, т. е. не могутъ совершаться вмѣстѣ, подобному ясному небу и дождю, или новолунію вмѣстѣ съ полнолуніемъ, тогда ихъ нельзя выражать какъ A или B, но какъ A не-B или B не-A, или символически Ab ·|· aB. Затѣмъ если мы примемъ μ=вѣроятность Ab и ν=вѣроятность aB, то можемъ просто произвести сложеніе и вѣроятность Ab ·|· aB будетъ $\mu+\nu$.

Пусть читатель тщательно замѣтитъ, что если комбинація AB не можетъ существовать, то вѣроятность Ab не есть произведеніе вѣроятностей A и b. Если извѣстныя комбинаціи логически невозможны, то уже нельзя подставлять вѣроятность каждаго термина на мѣсто термина, потому что помноженіе вѣроятностей предполагаетъ независимость событій. Большая часть сочиненія Буля (Laws of Thought) занята попыткой преодолѣть эту трудность и выработать общій методъ въ вѣроятностяхъ, посредствомъ котораго изъ извѣстныхъ логическихъ условій и извѣстныхъ данныхъ вѣроятностей возможно было бы вывести вѣроятность всякой другой комбинаціи событій при этихъ условіяхъ. Буль велъ это дѣло съ удивительнымъ остроуміемъ и потратилъ на него много труда; но я прихожу къ тому заключенію, что его методъ ошибоченъ въ своемъ основаніи. Какъ показалъ Уильбремъ 1), Буль получилъ свой результатъ посредствомъ произвольнаго предположенія, которое есть только наиболѣе вѣроятное, но не единственно возможное предположеніе. Полученный отвѣтъ есть поэтому не дѣйствительная вѣроятность, которая обыкновенно опредѣленна, а такъ сказать наиболѣе вѣроятная вѣроятность. Нѣкоторыя задачи, рѣшенныя Булемъ, свободны отъ логическихъ условій, и потому допускаютъ дѣйствитель-

---

1) Philosophical Magazine, 4 ser., v. VII. p. 465; v. VIII. p. 91.

ные отвѣты. Они, какъ я показалъ [1]), могутъ быть разрѣшены логическимъ алфавитомъ, но остальныя задачи не допускаютъ опредѣленнаго отвѣта, по крайней мѣрѣ по методу Буля.

Сравненіе теоріи съ опытомъ.

Законы вѣроятности основываются на фундаментальныхъ принципахъ умозаключенія и не могутъ быть опровергнуты никакимъ возможнымъ опытомъ. Можетъ случиться, что кто нибудь при бросаніи монеты всегда получаетъ орла и повидимому не можетъ получить случайно рѣшетки. Но теорія не оказывается ложною, потому что она имѣетъ въ виду и возможность самаго крайняго расположенія шансовъ. Нашъ дѣйствительный опытъ можетъ противорѣчить всему, что вѣроятно; весь ходъ событій можетъ показаться противорѣчащимъ всему, чего мы ожидали, и однакоже дѣйствительнымъ объясненіемъ этого можетъ быть случайное соединеніе событій. Также совершенно возможно, что нѣкоторыя правильныя совпаденія, которыя мы приписываемъ постояннымъ законамъ природы, происходятъ отъ случайнаго соединенія явленій въ такихъ случаяхъ, на которые обращено наше вниманіе. Все, что мы знаемъ изъ конечнаго опыта, можетъ ввести насъ, какъ показываетъ теорія вѣроятностей, въ заблужденіе, и только безконечный опытъ могъ бы ручаться за достовѣрность всякой индуктивной истины.

Въ тоже время вѣроятность того, что случится крайнее расположеніе, такъ крайне мала, что было бы нелѣпо серьезно ожидать его появленія. Почти невозможно напр., чтобы при игрѣ въ вистъ встрѣтились двѣ такія игры, въ которыхъ по чистой случайности расположеніе картъ было бы совершенно одинаковое. Такая вещь, чтобы кто нибудь постоянно выигрывалъ въ игрѣ, основанной на случайности, вполнѣ неслыханна. Совпаденія подобнаго рода, какъ я сказалъ, не невозможны; но они до того необычайны, что продолжительность человѣческой жизни и даже продолжительность исторіи не представляютъ ни малѣйшей вѣроятности, чтобы они могли когда нибудь встрѣтиться. Если бы мы стали дѣлать продолжительные ряды опытовъ надъ результатами случайности, напр. бросая игральную кость или монету, то существуетъ большая вѣроятность того, что результаты были бы близко согласны съ предсказаніями, даваемыми теоріей. Совершеннаго согласія нельзя ожидать, потому что, какъ показываетъ сама же теорія, оно въ высшей степени невѣроятно. Были сдѣланы многія попытки, чтобы испытать этимъ путемъ согласіе между теоріей и практикой. Бюффонъ сдѣлалъ первое испытаніе, заставивши мальчика бросать монету много разъ сряду и онъ получилъ 1992 рѣшетокъ на 2048. Одинъ ученикъ Де Моргана повторилъ это испытаніе по своему собственному желанію и получилъ 2044 рѣшетокъ на 2048 орловъ. Въ обоихъ случахъ совпаденіе съ теоріей такъ близко, какъ только можно было ожидать этого (подробности см. Де Моргана, Formal Logic, p. 185).

---

[1]) Mem. of the Manch. Lit. and Philosopl. Soc. 3 ser., v. IV. p. 347.

Кетле также повѣрялъ теорію болѣе полнымъ образомъ, положивши 20 черныхъ и 20 бѣлыхъ шаровъ въ урну и повременамъ вынимая по одному шару, но такъ, что каждый шаръ обратно клался въ урну прежде, чѣмъ дѣлалось новое выниманіе. Онъ нашолъ, какъ и можно было ожидать, что чѣмъ больше дѣлалось выниманій, тѣмъ болѣе уравнивались между собою числа бѣлыхъ и черныхъ шаровъ. По окончаніи опыта онъ насчиталъ 2066 бѣлыхъ и 2030 черныхъ шаровъ, такъ что отношеніе между ними было 1,02 1)).

Я произвелъ рядъ опытовъ третьимъ способомъ, который кажется мнѣ еще болѣе интереснымъ и допускающимъ болѣе широкую повѣрку. Взявши въ горсть десять монетъ (шиллинговъ) я подбрасывалъ ихъ вверхъ и записывалъ числа орловъ (буквально головъ, heads—изображеній королевы), которые оказывались каждый разъ. Вѣроятность полученія 10, 9, 8, 7 и проч. орловъ пропорціональна числу сочетаній 10, 9, 8, 7 и проч. вещей изъ 10 вещей. Слѣдовательно результаты должны приближаться къ числамъ въ 11 линіи ариѳметическаго треугольника. Я сдѣлалъ всего 2048 подбрасываній въ двухъ серіяхъ по 1024 въ каждую, и полученныя мною числа представлены въ слѣдующей таблицѣ:

Видъ расположенія монетъ.	Числа даваемыя теоріей.	Первая серія.	Вторая серія-	Среднее	Разница.
10 орловъ 0 рѣшетокъ	1	3	1	2	+ 1
9 „ 1 „	10	12	23	17½	+ 7½
8 „ 2 „	45	57	73	65	+20
7 „ 3 „	120	129	123	126	+ 6
6 „ 4 „	210	181	190	185½	—25½
5 „ 5 „	252	257	232	244½	— 7½
4 „ 6 „	210	201	197	199	—11
3 „ 7 „	120	111	119	115	— 5
2 „ 8 „	45	52	50	51	+ 6
1 „ 9 „	10	21	15	18	+ 8
0 „ 10 „	1	0	1	½	—½
Итоги.	1024	1024	1024	1024	— 1

Все число отдѣльныхъ выходовъ монетъ составляетъ 10×2048, или 20480, половина которыхъ или 10240 теоретически должна была дать орла.

---

1) Письма о теоріи вѣроятностей, англійск. пер. 1849, стр. 36—37.

Полное же число дѣйствительно полученныхъ орловъ было 10353 или 5222 въ первой серіи и 5131 во второй. Совпаденіе съ теоріей оказывается поэтому очень близкимъ; но если разсматривать большое число выходовъ, то есть нѣкоторое основаніе подозрѣвать тенденцію въ пользу орловъ.

Особенный интересъ этой повѣрки состоитъ въ томъ, что она представляетъ въ практической формѣ результаты теоремы Бернулли и законъ ошибки или уклоненія отъ среднихъ, который впослѣдствіи будетъ разсмотрѣнъ полнѣе. Она разъясняетъ связь между сочетаніями и перемѣщеніями, которая представляется въ ариѳметическомъ треугольникѣ и которая лежитъ въ основаніи многихъ важныхъ теоремъ.

Вѣроятные дедуктивные аргументы.

Съ помощью теоріи вѣроятностей мы можемъ расширить сферу дедуктивнаго аргумента. До сихъ поръ мы трактовали предложенія какъ достовѣрныя и изъ предположенія достовѣрности выводили заключенія равно достовѣрныя. Но знаніе, на основаніи котораго мы дѣлаемъ умозаключенія въ обыкновенной жизни, рѣдко бываетъ достовѣрно или и никогда не бываетъ, и почти всякое умозаключеніе есть въ дѣйствительности вопросъ вѣроятности. Поэтому мы должны ясно понять способъ и степень того вліянія, которое имѣетъ на дедуктивное умозаключеніе теорія вѣроятности, и многіе изумятся при видѣ результатовъ, которые должны быть признаны здѣсь. Нѣкоторые писатели повидимому думаютъ, какъ замѣтилъ Де Морганъ [1]), что заключеніе выведенное изъ нѣсколькихъ одинаково вѣроятныхъ посылокъ и само будетъ также вѣроятно, какъ каждая изъ нихъ; однако на дѣлѣ это не вѣрно. Если аргументъ содержитъ нѣсколько предложеній и каждое изъ нихъ недостовѣрно, то заключеніе будетъ имѣть весьма мало силы.

Сила заключенія должна разсматриваться какъ сложное событіе, зависящее отъ появленія вѣрныхъ посылокъ. Поэтому чтобы получить вѣроятность заключенія, мы должны перемножить дроби выражающія вѣроятности посылокъ. Если вѣроятность того, что A есть B, есть $\frac{1}{2}$ и того, что B есть C, также $\frac{1}{2}$, то вытекающее изъ этихъ посылокъ заключеніе, что A есть C, имѣетъ вѣроятность $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$. Подобнымъ же образомъ, если для вывода заключенія требуется нѣсколько посылокъ и ихъ вѣроятности будутъ p, q, r и проч., то вѣроятность заключенія основывающагося на этихъ посылкахъ, будетъ $p \times q \times r \ldots$

---

[1]) Encyclopoedia Metropolitana, стат. Probabilities, p. 396.

Это произведеніе имѣетъ небольшую величину, если только каждое изъ количествъ p, q и проч. не близко къ единицѣ.

Но особенно нужно замѣтить то, что вычисляемая такимъ образомъ вѣроятность есть не вся вѣроятность заключенія, но только та, которая происходитъ отъ разсматриваемыхъ посылокъ. Замѣчанія Уэтли объ этомъ предметѣ [1]) могутъ повести читателя къ ложному предположенію, что вычисленіе вполнѣ завершается перемноженіемъ вѣроятностей посылокъ. Но Де Морганъ [2]) вполнѣ разъяснилъ, что мы должны еще принимать въ разсчетъ предшествующую вѣроятность заключенія; А можетъ быть С и по другимъ основаніямъ кромѣ того, что оно есть В, и онъ замѣчаетъ: «трудно и можетъ быть даже невозможно указать рядъ доказательствъ, результатъ которыхъ доказывающій основывалъ бы только на нихъ однихъ». Несостоятельность аргумента не колеблетъ, исключая особенныхъ условій, истины заключенія, которое доказывалось имъ, а иначе немногія истины могли бы пережить неудачно придуманные аргументы, приводившіеся въ ихъ пользу. Какъ канатъ не рвется необходимо въ томъ случаѣ, если разорвется одна или нѣсколько прядей входящихъ въ составъ его, такъ и заключеніе можетъ держаться на безконечномъ числѣ соображеній кромѣ тѣхъ, которыя непосредственно имѣются въ виду. Далѣе, когда мы не имѣемъ никакихъ дальнѣйшихъ свѣдѣній, мы не должны считать какое-нибудь положеніе лишоннымъ всякой вѣроятности. Настоящее выраженіе полнаго сомнѣнія есть отношеніе равенства между шансами въ пользу и противъ и это отношеніе выражается въ вѣроятности $\frac{1}{2}$.

Если А и С суть вполнѣ неизвѣстныя вещи, то мы не имѣемъ никакого основанія думать скорѣе, что А есть С, чѣмъ что А есть не С. Предшествующая вѣроятность есть такимъ образомъ $\frac{1}{2}$. Если вѣроятность, что А есть В $\frac{1}{2}$ и что В есть С также $\frac{1}{2}$, то мы не имѣемъ права предполагать, что вѣроятность А есть С уменьшается вслѣдствіе аргумента въ ея пользу. Если заключеніе вѣрно въ своихъ собственныхъ основаніяхъ, то несостоятельность аргумента не колеблетъ его; поэтому вся его вѣроятность равна предшествующей вѣроятности, сложенной съ вѣроятностью того, что если эта предшествующая вѣроятность поколеблется, то новый аргументъ, о которомъ идетъ рѣчь, поддержитъ ее. Существуетъ вѣроятность $\frac{1}{2}$, что намъ не потребуется спеціальнаго аргумента, вѣроятность $\frac{1}{2}$, что онъ потребуется и вѣроятность $\frac{1}{4}$, что аргументъ въ этомъ случаѣ дастъ вѣроятность. Поэтому полный результатъ есть $\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\times\frac{1}{4}$ или $\frac{5}{8}$. Выражаясь общимъ языкомъ, если a есть вѣроятность, основывающаяся на спеціальномъ аргументѣ, и c предшествующая вѣроятность событія, то общій результатъ есть $1-(1-a)(1-c)$ или $a+c-ac$.

---

[1]) Elements of Logic, B. III. Sec. 11 and. 18.

[2]) Encycloроеdia Metropolitana, art. Probabil. p. 400.

Мы можемъ выразить это въ еще болѣе общей формѣ. Пусть a, b, c и проч. будутъ вѣроятности заключенія, основнаго на разныхъ аргументахъ. Только тогда, когда всѣ аргументы окажутся несостоятельными, наше заключеніе будетъ окончательно не вѣрно. Вѣроятности того, что каждый можетъ быть несостоятельнымъ, суть $1-a$, $1-b$, $1-c$, и проч.; вѣроятность же того, что они всѣ окажутся несостоятельными есть $(1-a)(1-b)(1-c)$...; такимъ образомъ вѣроятность того, что заключеніе не падетъ, есть $1-(1-a)(1-b)(1-c)$... и проч. Изъ этого слѣдуетъ, что каждый аргументъ въ пользу заключенія, какъ бы онъ ни былъ слабъ и легокъ, увеличиваетъ вѣроятность его. Если намъ неизвѣстно, погибъ ли не пришедшій въ срокъ корабль или нѣтъ, то всякое малѣйшее указаніе на слѣды погибшаго корабля будетъ увеличивать вѣроятность того, что онъ погибъ, а опроверженіе какого-нибудь частнаго доказательства не сдѣлаетъ событія не вѣроятнымъ.

Мы должны примѣнять эти принципы доказательства съ большою осторожностью и имѣть въ виду, что въ большинствѣ случаевъ приведеніе слабаго аргумента не ведетъ еще къ несостоятельности его заключенія. Положеніе можетъ имѣть само въ себѣ большую внутреннюю невѣроятность какъ противорѣчащее другимъ доказательствамъ или предполагаемому закону природы и о всякомъ доказывающемъ человѣкѣ можно предполагать, что онъ дѣйствуетъ откровенно и выставляетъ въ свою пользу всѣ находящіяся у него въ распоряженіи доказательства. Если онъ приводитъ только одинъ аргументъ и его вѣроятность a мала, тогда въ формулѣ $1-(1-a)(1-c)$ a и c малы и все выраженіе имѣетъ не большую величину. Поэтому вся сила аргумента сосредоточивается на вопросѣ, есть ли еще другіе аргументы, такъ чтобы мы могли ввести въ приведенное выраженіе другіе множители $(1-b)$, $(1-d)$ и проч. Въ судѣ, въ публикаціяхъ имѣющихъ экстренную цѣль и во многихъ другихъ случаяхъ обыкновенно предполагается, что приведены рѣшительно всѣ доказательства признаваемыя имѣющими какое-нибудь значеніе для подтвержденія заключенія.

Опредѣлить предшествующую вѣроятность какого-нибудь положенія бываетъ трудно или невозможно; но это дѣло мало касается логики и теоріи вѣроятностей. Въ каждомъ данномъ случаѣ мы должны составлять свое сужденіе на основаніи всей массы научнаго знанія, какою мы обладаемъ. Но при отсутствіи всякаго знанія вѣроятность должна считаться $=\frac{1}{2}$, потому что если мы принимаемъ ее менѣе, то склоняемся къ мнѣнію, что положеніе скорѣе ложно чѣмъ вѣрно. Поэтому до тѣхъ поръ пока не будетъ какихъ-нибудь средствъ опредѣлять величину неподвижныхъ звѣздъ, положеніе, что Сиріусъ больше солнца, имѣетъ вѣроятность ровно $\frac{1}{2}$; одинаково вѣроятно, что онъ можетъ быть и больше и меньше; и тоже нужно сказать и о всякой другой звѣздѣ. Такое предположеніе и сдѣлалъ Мичель въ своихъ удивительныхъ разсужденіяхъ [1]). Можетъ показаться конечно, что такъ какъ каждое положеніе выражаетъ сходство, а сходствъ между явленіями безконечно меньше чѣмъ различій (стр. 43) то каждое положеніе при отсутствіи другихъ указаній должно быть безконечно невѣроятнымъ. Но въ нашей логической системѣ каждый терминъ можетъ быть безразлично положительнымъ или отрицательнымъ, такъ что мы въ одной и той же формѣ выражаемъ столько же различій какъ и сходствъ. Поэтому невозможно, чтобы мы имѣли какое нибудь право скорѣе не вѣрить, чѣмъ вѣрить положенію о вещахъ, о которыхъ мы не знаемъ ничего. Однако едвали можно найти положеніе, на счетъ вѣроятности котораго мы находились бы въ абсолютномъ незнаніи, исключая тѣхъ случаевъ, когда употребляются термины намъ совершенно неизвѣстные. Если я предложу читателю указать шансы того, чтобы «платитлиптическій коэффиціентъ былъ положительный», то онъ едвали будетъ въ состояніи сдѣлать это, или же можетъ только сказать, что они равные.

Предположеніе, что полное сомнѣніе удачно выражается $^1|_2$, было оспариваемо Терротомъ [2]), который предлагалъ вмѣсто него неопредѣленный знакъ $^0|_0$, и кромѣ того утверждалъ, что «вѣроятность a priori, происходящая отъ абсолютнаго незнанія, не имѣетъ никакого вліянія на силу вѣроятности допускаемой впослѣдствіи». Но если мы допустимъ, что вѣроятность можетъ имѣть какую угодно величину между 0 и 1 и что каждая отдѣльная величина одинаково вѣроятна, тогда n и $1-n$ одинаково вѣроятны, и среднее есть всегда $^1|_2$. Или мы можемъ взять $p. dp.$ для выраженія вѣроятности того, что наше сужденіе относительно предложенія должно лежать между p и $p+dp$. Тогда полная вѣроятность предложенія будетъ интегралъ, взятый между предѣлами 1 и 0 или опять таки $^1|_2$.

Трудности теоріи.

Теорія вѣроятности, хотя она несомнѣнно вѣрна, требуетъ однако весьма тщательнаго и осторожнаго примѣненія. Она есть не только отрасль математики, въ которой часто дѣлаются упущенія, но сама по себѣ представляетъ большія трудности во многихъ случаяхъ, такъ что не легко достигнуть увѣренности въ томъ, что формула вѣрно представляетъ данныя задачи. Эти трудности часто происходятъ отъ логической сложности условій и ихъ можно до нѣкоторой степени преодолѣть, если постоянно имѣть въ виду систему комбинацій, какъ она развита въ «непрямомъ логическомъ методѣ». Въ изученіи вѣроятностей математики безсознательно употребляли логическіе процессы, далеко опередившіе процессы, употреблявшіеся логиками, и непрямой методъ есть только полное выраженіе этихъ процессовъ.

---

[1]) Philos. Trans. 1767- Abridg. v. XII p. 435.

[2]) Transact. of the Edinb. Philos. Soc. v. XXI. p. 375.

Весьма любопытно, какъ часто самые острые и могучіе умы дѣлали ошибки при вычисленіи вѣроятностей. Паскаль рѣдко ошибался; однако первымъ его дѣломъ при основаніи науки о вѣроятностяхъ было ошибочное рѣшеніе [1]. Лейбницъ тоже впалъ въ странную ошибку, думая, что при бросаніи двухъ игральныхъ костей число 12 есть столь же вѣроятный результатъ какъ и число 11 [2]. Есть не мало случаевъ, въ которыхъ ложное рѣшеніе полученное въ первый разъ, представляется даже до настоящаго времени болѣе вѣроятнымъ чѣмъ вѣрное рѣшеніе, доказанное впослѣдствіи. Яковъ Бернулли откровенно разсказываетъ о двухъ ложныхъ рѣшеніяхъ задачи, которыя онъ считалъ съ перваго раза очевидными; и къ этому онъ присоединяетъ предостереженіе противъ риска ошибки, возможной особенно тогда, когда мы принимаемся разсуждать объ этомъ предметѣ и не придерживаемся строго методическихъ правилъ и символовъ. Монморъ не былъ свободенъ отъ подобныхъ же ошибокъ. Д'Аламберъ постоянно дѣлалъ ошибки и не могъ понять напр., почему вѣроятности должны быть одинаковы, когда мы бросаемъ монеты одна за другою и когда мы бросаемъ ихъ одновременно. Нѣкоторые очень извѣстные люди, каковы Ансильонъ, Мозесъ Мендельсонъ, Гарвъ, О. Контъ [3], Пуансо, и Д. С. Милль [4], такъ ошибочно представляли себѣ эту теорію, что подвергали сомнѣнію ея значеніе и даже оспаривали ея дѣйствительность. Ошибочныя мнѣнія о ней, высказаныя въ первыхъ изданіяхъ «Системы Логики» Милля, были отчасти выпущены въ послѣднихъ изданіяхъ.

Многіе имѣютъ расположеніе ошибочно думать, что если случайное событіе повторялось нѣсколько разъ сряду въ необыкновенномъ соединеніи, то менѣе вѣроятности, чтобы оно повторилось еще разъ. Д'Аламберъ серьезно думалъ, что если брошенная монета три раза сряду падала орломъ, то болѣе вѣроятно, что въ слѣдующій разъ она упадетъ рѣшеткой. Бекеленъ держался такого же мнѣнія, и однако же нѣтъ никакого основанія въ пользу его. Если событіе дѣйствительно случайно, то то, что предшествовало ему, не можетъ имѣть на него ни малѣйшаго вліянія. Обыкновенно, чѣмъ чаще совершалось случайное событіе, тѣмъ вѣроятнѣе, что оно еще разъ случится; потому что есть нѣкоторое слабое эмпирическое доказательство его тенденціи повторяться. Источникъ ошибки находится весь въ чувствѣ изумленія, съ какимъ мы смотримъ на событіе являющееся случайно, но такъ, что оно представляется какъ бы преднамѣреннымъ.

---

[1] Монтюкла, Histoire des Mathématiques, v. III. p. 386.

[2] Opera, изд. Дутена, v. VI par. I p. 217. Тодгунтеръ History of the Theory of Probability, p. 48. Изъ послѣдняго сочиненія заимствованы многіе факты упомянутые въ текстѣ.

[3] Положительная философія, англійск. пер. v. II p. 120.

[4] Логика, кн. III, гл. 18.

Невѣрныя понятія могутъ проистекать также отъ того, что упускается изъ виду различіе между перемѣщеніями и сочетаніями. Получить при бросаніи монеты десять разъ орла сряду не болѣе невѣроятно, чѣмъ получить всякій другой частный порядокъ появленія орловъ и рѣшетокъ, но оно гораздо менѣе вѣроятно, чѣмъ получить вообще пять орловъ и пять рѣшетокъ безотносительно къ ихъ порядку, потому что возможно не менѣе 252 различныхъ выходовъ, которые могутъ дать этотъ результатъ, если мы не будемъ обращать вниманія на различіе порядка.

Трудности при примѣненіи теоріи возникаютъ изъ нашей привычки не обращать вниманія на слабыя вѣроятности. Мы принуждены принимать практически за достовѣрныя такія истины, которые только приблизительно достовѣрны, потому что не стоитъ уже труда вычислять эту незначительную разницу. Нельзя было бы налагать никакого наказанія, еслибы требовалось абсолютно достовѣрное доказательство преступленія, или какъ замѣчаетъ Локкъ, «тотъ, кто не шевельнется до тѣхъ поръ пока навѣрное не узнаетъ, что задуманное имъ дѣло непремѣнно будетъ успѣшно, едва ли сдѣлаетъ что нибудь, а все будетъ сидѣть и погибнетъ» ¹). Нѣтъ момента въ нашей жизни, когда бы намъ не угрожала слабая опасность смерти или какой нибудь самый страшный случай. Нѣтъ ни одного акта ѣды, питья, сидѣнья или вставанія, который бы не оказывался фатальнымъ для кого нибудь. Нѣкоторые мыслители пытались указать границу вѣроятностей, которую мы считаемъ нулемъ; Бюффонъ считалъ ее $^1|_{10,000}$, потому что это есть вѣроятность, практически не принимаемая въ разсчетъ, что человѣкъ 56 лѣтъ умретъ на слѣдующій день. Паскаль замѣчалъ, что нужно было бы счесть безразсуднымъ того, кто не согласился бы отдать себя на смерть, если три игральныя кости дадутъ 6 двадцать разъ сряду, а если этого не случится, то онъ получитъ корону; но

---

¹) Essay concerning Human Understanding, bk. IV. ch. 14. § 1.

такъ какъ шансъ смерти въ этомъ вопросѣ есть только 1 : 6^{60}, или единица дѣленная на число состоящее изъ ряда въ 47 цифръ, то можно сказать, что мы каждый день подвергаемся большему риску по менѣе сильнымъ мотивамъ. Напр. мы подвергаемся гораздо большему риску смерти при игрѣ въ крикетъ.

Всего необходимѣе тщательно различать между вѣрностью теоріи и вѣрнымъ примѣненіемъ теоріи къ дѣйствительнымъ обстоятельствамъ. Какъ общее правило, событія въ природѣ и искуствѣ представляютъ сложность отношеній, превосходящую наши средства обсужденія. Часто вмѣшивается въ дѣло внутреннее психическое состояніе и дѣлаетъ безнадежнымъ полный анализъ. Если напр. вѣроятность того, что искусный стрѣлокъ попадетъ въ цѣль при первомъ же выстрѣлѣ будетъ 1 къ 10, то намъ повидимому не будетъ никакой трудности вычислить вѣроятность всякаго ряда удачныхъ выстрѣловъ; такъ вѣроятность трехъ послѣдовательныхъ удачныхъ выстрѣломъ будетъ 1 къ 1000. Но въ дѣйствительности увѣренность и опытность, происшедшая отъ перваго удачнаго выстрѣла, можетъ сдѣлать удачу втораго болѣе вѣроятною. Случаи уже не будутъ на самомъ дѣлѣ независимыми и вообще будетъ гораздо большій перевѣсъ на сторону удачъ, чѣмъ какой можетъ быть объясненъ простымъ вычисленіемъ вѣроятностей. Однако у нѣкоторыхъ лицъ замѣчательный рядъ успѣховъ вызываетъ извѣстную степень возбужденія, дѣлающую почти невозможною продолжительную удачу.

Попытки примѣнить теорію вѣроятности къ судебнымъ процессамъ оказались мало успѣшными просто потому, что здѣсь слишкомъ запутанныя условія. Лапласъ говоритъ, что «столько страстей, различныхъ интересовъ и обстоятельствъ усложняютъ вопросы относительно этихъ предметовъ, что они почти всегда неразрѣшимы». Люди дѣйствующіе какъ присяжные или дающіе показанія передъ судомъ подвержены столь многимъ сложнымъ вліяніямъ, что нельзя составить математическихъ формулъ, которыя бы выражали дѣйствительныя условія. Присяжные или даже судьи не могутъ считаться дѣйствующими независимо съ опредѣленною вѣроятностью въ пользу того, что каждый выскажетъ правильное сужденіе. Каждый изъ присяжныхъ подчиняется болѣе или менѣе вліянію мнѣнія другихъ и есть тонкія дѣйствія характера, склада и силы ума, которыя не поддаются анализу. Даже въ физической наукѣ мы можемъ въ сравнительно немногихъ случаяхъ примѣнять теорію опредѣленнымъ образомъ, потому что требуемыя данныя слишкомъ сложны и получить ихъ трудно. Но такіе случаи несостоятельности нисколько не уменшаютъ истины и прелести самой теоріи; собственно нѣтъ ни одной отрасли науки, въ которой наши символы могли бы состязаться съ сложностью природы. Донкинъ говоритъ: «Я не вижу, на какомъ основанія можно было бы сомнѣваться въ томъ, что каждое опредѣленное состояніе вѣры относительно предположенной гипотезы способно само по себѣ быть представленнымъ въ численномъ выраженіи, какъ бы трудно ни было опредѣлить его настоящую величину. Весьма трудно было бы выразить въ числахъ живую силу всѣхъ частичекъ тѣла въ данное мгновеніе; но никто не сомнѣвается въ томъ, что она способна къ численному выраженію» [1]).

Словомъ трудность существуетъ только относительно нашего знанія и искуства, но она не безусловна и не заключается въ самомъ предметѣ. Мы должны различать между тѣмъ, что возможно теоретически и тѣмъ, что осуществимо съ нашими настоящими умственными рессурсами. Если только наши стремленія направлены въ надлежащую сторону, мы не должны заглушать ихъ соображеніями о томъ, что они выходятъ за предѣлы того, что можетъ имѣть непосредственное практическое значеніе. Несмотря на громадныя трудности ея примѣненія и на наброшенную на нее дурную тѣнь, теорія вѣроятностей, повторяю еще разъ, есть самая возвышенная и, какъ окажется въ послѣдствіи, вѣроятно самая полезная отрасль математической науки. Она есть настоящая руководительница жизни, и мы едвали дѣлаемъ хоть одинъ шагъ или принимаемъ какое нибудь рѣшеніе, не дѣлая вѣрнаго или невѣрнаго вычисленія вѣроятностей. Въ слѣдующей главѣ мы обратимся къ разсмотрѣнію того, какимъ образомъ вся сила индуктивнаго умозаключенія основывается на вѣроятностяхъ. Истина или неистина закона природы, когда онъ тщательно изслѣдованъ, разрѣшается въ высшую или низшую степень вѣроятности, а это означаетъ, можемъ ли мы или не можемъ привести точныя числовыя данныя.

---

[1]) Phil. Mag., 4 ser. v. I. p. 354.

ГЛАВА XI.

ФИЛОСОФІЯ ИНДУКТИВНАГО УМОЗАКЛЮЧЕНІЯ.

Мы изслѣдовали природу совершенной индукціи, въ которой мы отъ извѣстныхъ наблюденныхъ комбинацій явленій переходимъ къ логическимъ условіямъ управляющимъ этими комбинаціями. Мы изслѣдовали также основанія той теоріи вѣроятности, которая должна быть нашей руководительницей, когда мы оставляемъ область достовѣрности и соединяемъ наше знаніе съ незнаніемъ. Теперь же намъ предстоитъ трудное дѣло рѣшать, какимъ образомъ при помощи этой теоріи мы можемъ восходить отъ фактовъ къ законамъ природы и можемъ затѣмъ съ большимъ или меньшимъ успѣхомъ предсказывать будущій ходъ событій. Все наше знаніе естественныхъ предметовъ должно въ первомъ основаніи выходить изъ наблюденія и возникаетъ трудный вопросъ, какимъ образомъ мы можемъ знать что нибудь о томъ, чего мы не наблюдали ни однимъ изъ нашихъ чувствъ, составляющихъ окна души? Польза умозаключенія состоитъ въ томъ, что оно даетъ намъ увѣренность въ томъ, что въ опредѣленное время и въ опредѣленномъ мѣстѣ или при извѣстныхъ условіяхъ совершится извѣстное явленіе. Когда мы можемъ употребить въ дѣло наши чувства и видѣть, что явленіе совершается, тогда умозаключеніе излишне. Если же нельзя употребить въ дѣло чувствъ, потому что событіе совершится въ будущемъ или недоступно для насъ, то какимъ образомъ происходитъ умозаключеніе? По крайней мѣрѣ по наружности кажется, что мы должны выводить извѣстное изъ неизвѣстнаго и умъ самъ долженъ создать прибавку къ суммѣ знанія. Но я утверждаю, что совершенно невозможно создать какую нибудь дѣйствительную прибавку къ содержанію нашего знанія иначе, какъ путемъ новыхъ впечатлѣній на чувства или на какое нибудь мѣсто ощущенія. Я попытаюсь доказать, что всякое умозаключеніе, какъ индуктивное такъ и дедуктивное, есть не болѣе какъ раскрытіе содержанія нашего опыта и что оно всегда держится на томъ предположеніи, что будущее и еще не наблюдавшееся будетъ управляться тѣми же законами, какъ прошедшее и извѣстное по наблюденіямъ—предположеніи, которое часто оказывается ошибочнымъ.

Въ индуктивномъ какъ и въ дедуктивномъ умозаключеніи заключеніе никогда не идетъ дальше посылокъ. Умозаключеніе ничего не прибавляетъ къ имплицитному содержанію нашего знанія, какъ распредѣленіе предметовъ въ музеѣ ничего не прибавляетъ къ числу этихъ предметовъ. Распредѣленіе въ извѣстномъ смыслѣ увеличиваетъ наше знаніе; оно даетъ намъ возможность увидѣть сходства и различія предметовъ и если предположить, что музей есть вѣрное представленіе природы, то онъ даетъ намъ возможность судить о преобладающихъ формахъ естественныхъ предметовъ. Первый афоризмъ Бекона утверждаетъ совершенно вѣрно, что человѣкъ знаетъ только то, что онъ наблюдалъ и ничего болѣе, разумѣя при этомъ всѣ его источники опыта и все имплицитное содержаніе его знанія. Умозаключеніе только раскрываетъ сокрытый смыслъ нашихъ наблюденій и теорія вѣроятности показываетъ, д какого предѣла *мы можемъ идти дальше нашихъ данныхъ при предположеніи, что новые предметы будутъ похожи на прежніе*, или что будущее совершится одинаково съ прошедшимъ.

Различные классы индуктивныхъ истинъ.

Было бы желательно прежде всего опредѣлить различіе между многими родами истинъ, которыя мы стараемся установить посредствомъ индукціи. Хотя есть извѣстный одинаковый и общій элементъ во всѣхъ нашихъ процессахъ умозаключенія, однако при ихъ примѣненіи оказываются различія между ними. Подобіе въ условіяхъ между тѣми событіями, на основаніи которыхъ мы заключаемъ и тѣми, о которыхъ мы заключаемъ, всегда должно лежать въ основѣ умозаключенія; и это подобіе можетъ относиться ко времени, мѣсту, или къ простымъ логическимъ сочетаніямъ событій, или вообще къ какому нибудь мыслимому соединенію обстоятельствъ качества, времени и мѣста. Встрѣчая многіе куски вещества обладающаго тягучестью и блестящимъ жолтымъ цвѣтомъ и открывши путемъ совершенной индукціи, что они всѣ обладаютъ высокимъ удѣльнымъ вѣсомъ и не подвергаются разъѣдающему дѣйствію кислотъ, мы ожидаемъ, что всякій кусокъ вещества, обладающаго такою же тягучестью и такимъ же жолтымъ цвѣтомъ, будетъ имѣть и такой же удѣльный вѣсъ и также не будетъ разъѣдаться кислотами. Это есть случай сосуществованія качествъ; потому что характеръ образчиковъ не измѣняется съ пространствомъ или со временемъ.

Въ другомъ классѣ случаевъ время входитъ какъ существенное основаніе подобія. Когда мы слышимъ удары маятника часовъ, повторяющіеся въ одинаковые промежутки времени и съ одинаковымъ звукомъ, то мы съ увѣренностью ожидаемъ, что удары будутъ повторяться и впредь съ такою же одинаковостью. Когда комета являлась нѣсколько разъ черезъ равные почти промежутки времени, то мы заключаемъ, что она вѣроятно снова появится по истеченіи другаго подобнаго промежутка времени. Человѣкъ, въ теченіи нѣсколькихъ лѣтъ возвращавшійся каждый вечеръ домой и находившій свой домъ стоящимъ на мѣстѣ, ожидаетъ, что онъ будетъ стоять также и въ слѣдующій ближайшій вечеръ и въ многіе дальнѣйшіе вечера. Даже продолженіе существованія предмета въ неизмѣнномъ состояніи или увѣренность въ томъ, что мы снова найдемъ то, что мы спрятали, есть просто дѣло умозаключенія, зависящаго отъ опыта.

Еще большій и болѣе сложный классъ случаевъ заключаетъ въ себѣ отношеніе пространства въ дополненіе къ отношеніямъ времени и качества. Наблюдая, что каждый треугольникъ, построенный на діаметрѣ круга съ вершиною на его окружности, явно содержитъ прямой уголъ, мы можемъ убѣдиться, что всѣ треугольники въ подобныхъ обстоятельствахъ будутъ содержать прямые углы. Это есть случай чистаго пространственнаго умозаключенія независимо отъ обстоятельствъ времени или качества и онъ управляется, повидимому, различными принципами умозаключенія. Однако, я постараюсь доказать, что геометрическое умозаключеніе отличается только степенью отъ того, которое примѣняется къ другимъ естественнымъ отношеніямъ.

Отношеніе причины и дѣйствія.

Въ значительной части научныхъ изслѣдованій, которыя должны быть разсмотрѣны, мы имѣемъ дѣло съ явленіями, которыя вытекаютъ изъ предыдущихъ явленій или съ существованіями, которыя слѣдуютъ за другими существованіями. Однако, наука могла бы возникнуть и тогда, когда бы вся матеріальная природа представляла постоянное и неизмѣнное цѣлое. Дайте уму способность носиться вездѣ и сравнивать одну часть съ другою, и онъ несомнѣнно выведетъ заключенія относительно подобія формъ, сосуществованія качествъ или о преобладаніи особаго рода матеріи въ неизмѣняющемся мірѣ. Но, неизмѣнная вселенная, хотя бы въ приблизительномъ равновѣсіи, немыслимо, и затѣмъ отношеніе причины и дѣйствія, очевидно, не можетъ быть ничѣмъ

инымъ, какъ только отношеніемъ прежде и послѣ. Однако, въ томъ видѣ, какъ природа существуетъ, она есть прогрессивное существованіе, всегда движущееся и измѣняющееся по мѣрѣ того, какъ идетъ впередъ время, эта великая независимая перемѣнная. Отъ этого и происходитъ, что мы должны постоянно сравнивать то, что случается теперь, съ тѣмъ, что случилось за мгновеніе прежде и за мгновеніе передъ этимъ мгновеніемъ и т. д., до тѣхъ поръ, пока мы не достигнемъ неопредѣленныхъ періодовъ прошедшаго времени. Мы видимъ комету, движующуюся по небу, видимъ, какъ ея составныя части освѣщаютъ небо своими огненными хвостами. Мы не можемъ объяснить настоящихъ движеній такого тѣла, не предполагая его прежняго существованія съ опредѣленнымъ количествомъ силы и опредѣленнымъ направленіемъ движенія; не можемъ мы также считать свое дѣло конченнымъ, когда мы узнаемъ, что она, странствуя по неизмѣримымъ громадамъ пространства, пришла къ нашей солнечной системѣ. Каждое событіе должно имѣть причину, а эта причина свою причину и т. д., пока мы не потеряемся во мракѣ прошедшаго и не найдемся вынужденными прибѣгнуть къ вѣрѣ въ первую причину, которою былъ опредѣленъ ходъ природы.

Ошибочное употребленіе термина причины.

Слова причина и причинность подавали поводъ къ нескончаемой путаницѣ и неясности, и въ не малой степени замедляли прогрессъ науки. Со временъ Аристотеля задачей философіи ставилось открытіе причинъ вещей и Фр. Беконъ раздѣлялъ этотъ взглядъ, когда говорилъ «знать истинно значитъ знать причины». Даже въ настоящее время не рѣдкость встрѣтить предположеніе, что знаніе причинъ есть нѣчто отличное отъ другаго знанія и какъ бы состоитъ въ пріобрѣтеніи обладанія ключами природы. Такъ одно слово можетъ произвести магическое дѣйствіе и привести въ помраченіе самый ясный умъ, подобно тому, какъ я напр. часто думалъ, что Локкъ [1]) запуталъ себя тѣмъ, что старался найти смыслъ слова *способность*, *сила* (power). Въ «Системѣ Логики» Милля терминъ *причина* снова получилъ свою прежнюю вредную силу. Милль не только считаетъ законы причинности почти равнозначительными съ наукой, но и употребляетъ это выраженіе въ такомъ смыслѣ, что разъ мы попали въ кругъ причинности, то уже имѣемъ дѣло съ достовѣрностями.

Философскій вредъ, соединенный съ употребленіемъ этого слова, состоитъ въ слѣдующемъ. Причина опредѣляется какъ необходимое или неизмѣнное предшествующее явленія, такъ что, когда существуетъ причина, тогда будетъ существовать или немедленно послѣдуетъ и дѣйствіе. Если мы поэтому знаемъ причину явленія, то знаемъ и то, что должно навѣрное случиться; и такъ какъ предполагается, что наука посредствомъ надлежащаго опытнаго метода можетъ достигнуть знанія причинъ, то изъ этого слѣдуетъ, что опытъ можетъ дать намъ достовѣрное знаніе будущихъ событій. Но ничто не можетъ быть несомнѣннѣе того, что конечный опытъ не можетъ никогда дать намъ достовѣрнаго знанія будущаго, такъ что или причина не есть неизмѣнное предшествующее или же мы никогда не можемъ достигнуть несомнѣннаго знанія причинъ. Первая альтернатива дилеммы едвали можетъ быть принята. Несомнѣнно, что въ природѣ есть нѣкоторый неизмѣнно дѣйствующій механизмъ, такъ что изъ извѣстныхъ постоянныхъ условій всегда вытекаетъ неизмѣнный результатъ. Но мы съ нашими конечными умами и короткимъ опытомъ никогда не можемъ проникнуть въ тайну тѣхъ существованій, которыя воплощаютъ и развиваютъ во времени волю создавшаго ихъ. Мы находимся въ положеніи зрителей, которые видятъ издѣлія сложной машины, но не могутъ изслѣдовать ея внутренняго устройства. Мы знаемъ то, что случается и что является; но если бы мы стали искать причины, то едвали могли бы проникнуть въ эту таинственную глубину. Самый простой кусочекъ матеріи или самый тривіальный случай въ родѣ столкновенія двухъ билліардныхъ шаровъ представляетъ столько матеріала, сколько едвали можетъ обнять человѣческій умъ. Слово причина содержитъ въ себѣ столько же непонятнаго смысла, какъ и подобныя ему слова *субстанція, матерія, мысль, существованіе*.

---

[1]) Essay concerning Human Understanding, bk. II, ch. XXI.

Смѣшеніе двухъ вопросовъ.

Предметъ этотъ становится еще запутаннѣе отъ смѣшенія двухъ различныхъ вопросовъ. Когда явленіе совершилось, то мы можемъ спросить:

1) Есть ли какая нибудь причина явленія?

2) Какого рода эта причина?

Никто не станетъ утверждать, что умъ обладаетъ способностью вывести заключеніе прежде всякаго опыта, что появленіе внезапнаго шума съ пламенемъ и дымомъ указываетъ на горѣніе чернаго порошка, составившагося изъ смѣшенія порошковъ чернаго, бѣлаго и желтаго. Самый крайній защитникъ доктринъ a priori согласится, что видъ, форма, величина, цвѣтъ, сложеніе и другія характеристическія качества причины могутъ быть узнаны только посредствомъ чувствъ.

Вопросъ же о томъ, есть ли вообще какая нибудь причина явленія, есть вопросъ совершенно другаго рода. Если бы взрывъ могъ случиться безъ всякихъ прежде существовавшихъ условій, то онъ былъ бы новымъ твореніемъ, особымъ прибавленіемъ къ вселенной. Можно считать вѣроятнымъ, что мы не можемъ вообразить себѣ ни созданія, ни уничтоженія чего нибудь. Относительно матеріи это уже давно считается вѣрнымъ; относительно же силы тоже почти всѣми признается за аксіому, что живая сила не можетъ ни возникнуть, ни уничтожиться безъ особаго творческаго акта. Но однако сомнительно, чтобы существовала какая то инстинктивная вѣра въ это. Мы находимъ, что Лукрецій, философъ съ большимъ умомъ и образованіемъ, серьезно предполагалъ, что его движущіеся атомы могли уклоняться въ сторону отъ своихъ прямолинейныхъ путей самопроизвольно и этимъ самостоятельнымъ образованіемъ живой силы опредѣляли форму вселенной [1]. Кромѣ того Эйри серьезно разбиралъ математическія условія, при которыхъ могло бы существовать вѣчное движеніе, т. е. постоянный источникъ самосоздающейся живой силы [2]. Большая часть философскаго міра долгое время держалась того мнѣнія, что въ психическихъ актахъ есть свободная воля, словомъ самопричинность. Было бы напрасною попыткою примирить это ученіе съ ученіемъ о причинности, какъ чистосердечно признавалъ это серъ В. Гамильтонъ.

Кромѣ того очевидно, что утверждать существованіе причины для каждаго явленія значитъ отодвигать въ неопредѣленное прошедшее непонятный фактъ и тайну творенія. Во всякій данный моментъ матерія и сила были или равны тому, что они есть въ настоящій моментъ, или неравны; если равны, то мы можемъ сдѣлать тотъ же вопросъ относительно всякаго другаго момента, какъ бы онъ ни былъ далекъ въ прошедшемъ, и мы такимъ образомъ принуждены были бы принять или одну альтернативу дилеммы—вѣчное существованіе или же твореніе въ какой нибудь данный моментъ. Но это впрочемъ есть только одинъ изъ случаевъ, въ которыхъ мы бываемъ принуждены принимать ту или другую изъ этихъ альтернативъ, которыя несовмѣстимы. Моя же цѣль въ этомъ случаѣ только показать, что мы не должны впутывать этого крайне труднаго вопроса въ тотъ вопросъ, который изслѣдуетъ индуктивная наука на основаніи фактовъ. Посредствомъ индукціи мы не пріобрѣтаемъ достовѣрнаго знанія; но посредствомъ наблюденія и обратнаго метода дедуктивнаго умозаключенія мы опредѣляемъ вѣроятность того, что случившемуся событію предшествовали условія спеціальнаго характера, или что такія условія послѣдуютъ за событіемъ.

---

[1] De Rerum Natura, II. 216—293.

[2] Cambridge Philos. Trans. 1830 v. III. p. 369—372.

Опредѣленіе термина причины.

Ясныя опредѣленія слова *причина* были даны многими философами. Гобсъ говорилъ: «Причина есть сумма или агрегатъ всѣхъ тѣхъ случаевъ какъ въ дѣйствующемъ тамъ и въ страдающемъ, которые участвуютъ въ произведеніи даннаго дѣйствія, всѣхъ тѣхъ, которые если существуютъ вмѣстѣ, то нельзя и представить себѣ, чтобы и дѣйствіе не существовало вмѣстѣ съ ними или чтобы оно могло существовать, когда нѣтъ одного изъ нихъ». Броунъ въ своемъ Essay on Causation даетъ почти такое же опредѣленіе. «Причина, говоритъ онъ [1]), можетъ быть опредѣлена какъ предметъ или событіе, которое непосредственно предшествуетъ какой нибудь перемѣнѣ и которое существуя снова въ подобныхъ же обстоятельствахъ, всегда будетъ немедленно сопровождаться подобною же перемѣною». О родственномъ словѣ *сила* онъ подобнымъ же образомъ говоритъ [2]): «сила есть ничто иное какъ неизмѣнная последовательность, которая предполагается въ представленіи причинности».

Эти опредѣленія могутъ быть приняты, и нужно сказать, что наше знаніе причинъ въ такомъ смыслѣ можетъ быть только вѣроятнымъ. Дѣло науки состоитъ въ изученіи комбинацій, въ которыхъ представляются явленія. Относительно каждаго событія мы должны опредѣлить его вѣроятныя условія, или группу предшествующихъ, изъ которыхъ оно вытекаетъ съ вѣроятностью. Предшествующее есть то, что существуетъ прежде явленія; послѣдующее есть то, что существуетъ послѣ предшествующаго. Не рѣдко случается, что нѣтъ никакой вѣроятной связи между предшествующимъ и послѣдующимъ. Такъ азотъ есть предшествующее зажиганію огня; но онъ вовсе не причина зажиганія, а напротивъ даже дѣлаетъ горѣніе менѣе живымъ. Дневной свѣтъ есть предшествующее всѣмъ огнямъ, зажигаемымъ въ теченіи дня; но онъ конечно не имѣетъ никакого вліянія на ихъ зажиганіе. Но въ каждомъ данномъ явленіи обыкновенно возможно открыть извѣстное число предшествующихъ, которыя повидимому всегда присутствуютъ и мы съ большею или меньшею вѣроятностью можемъ заключить, что когда они существуютъ, то явленіе послѣдуетъ.

Нужно замѣтить, что въ настоящее время термину *причина* придается крайне широкое значеніе. Причиною можетъ быть не только существующая вещь одаренная свойствами, какъ напр. кислородъ есть причина горѣнія, порохъ причина взрыва, но даже отсутствіе или устраненіе вещи также можетъ послужить причиною. Совершенно вѣрно говорятъ, что сухость египетской атмосферы или отсутствіе влажности есть причина сохраненія мумій и другихъ остатковъ древности. Причиною горнаго поднятія напр. Ингельборо, было вырытіе окружающихъ долинъ размывомъ. Не принято говорить о существованіи вещи въ одинъ моментъ какъ о причинѣ ея существованія въ слѣдующій моментъ; но мнѣ кажется, это самый обыкновенный случай причинности, какой только можетъ быть. Причиной движенія билліарднаго шара можетъ быть ударъ другаго шара; и новая физика приводитъ насъ къ тому, чтобы на всѣ движенія и измѣненія смотрѣть какъ на проявленія прежде существовавшей живой силы. По всей вѣроятности нѣтъ ни созиданія, ни разрушенія живой силы, такъ что причиною какъ механическихъ, такъ и молекулрныхъ измѣненій служитъ дѣйствительно обнаруженіе существующей энергіи. Въ такомъ же смыслѣ я не вижу, почему прежнее существованіе матеріи не можетъ считаться причиною ея послѣдующаго существованія. Вся наука стремится показать намъ, что существованіе вселенной въ извѣстномъ состояніи въ извѣстный моментъ есть условіе ея существованія въ слѣдующій моментъ повидимому въ различномъ состояніи. Анализируя значеніе, какое можно придать слову причина, мы приходимъ къ тому, что оно выражаетъ существованіе надлежащихъ частей матеріи одаренныхъ надлежащими количествами живой силы. Если принять толкованіе Горна Тука, то англійское слово cause—причина значитъ этимологически *вещь прежде*. И въ самомъ дѣлѣ, хотя происхожденіе этого слова темно, однако его производныя, итальянское cosa, французское chose, обозначаютъ вещь. Въ соотвѣтствующемъ нѣмецкомъ Ursache мы ясно видимъ первоначальное значеніе *вещи прежде* или сначала, sache вещь и ur сначала, сперва. Поэтому мы отступимъ какъ отъ филологіи такъ и отъ философіи, если будемъ придавать *законамъ причинности* какой нибудь другой смыслъ кромѣ того, что они суть *условія*, при которыхъ мы можемъ ожидать появленія событія на основаніи нашего наблюденія предшествующаго хода природы.

---

[1]) Observations on the Nature and Tendency of the Doctrine of Mr. Hume, concerning the Relation of Cause and Effect. 2 ed. p. 44.

[2]) Ibid. p. 97.

Я ничего не имѣю противъ употребленія словъ причина и причинность, только бы они никогда не подавали намъ повода воображать, что наше познаніе природы можетъ достигнуть достовѣрности. Я повторяю, что если причина есть неизмѣнное и необходимое условіе явленія, то мы никогда не можемъ знать навѣрное, существуетъ ли причина или нѣтъ. Поэтому для насъ причина ничѣмъ не отличается отъ группы положительныхъ или отрицательныхъ условій, которыя съ большею или меньшею вѣроятностью предшествуютъ событію. Въ этомъ смыслѣ нѣтъ никакой разницы между знаніемъ причинъ и нашимъ общимъ знаніемъ послѣдовательности комбинацій, въ какой представляются намъ явленія природы сами или въ какой они слѣдуютъ въ нашихъ опытахъ.

Различіе между индуктивными и дедуктивными результатами.

Мы должны тщательно избѣгать смѣшиванія индуктивныхъ изслѣдованій приводящихъ къ установленію общихъ законовъ съ тѣми, которыя ведутъ прямо къ знанію будущихъ частныхъ явленій. Тотъ только процессъ можетъ быть названъ индукціей, который даетъ общіе законы, и только прибѣгая потомъ къ дедукціи, мы предсказываемъ частныя явленія. Если наблюденіе нѣсколькихъ случаевъ показываетъ, что сплавы металловъ плавятся при низшихъ температурахъ, чѣмъ входящіе въ составъ ихъ металлы, то я могу съ большею или меньшею вѣроятностью вывести общее заключеніе въ этомъ смыслѣ, и отсюда дедуктивно вывести вѣроятность того, что новый изслѣдуемый сплавъ будетъ плавиться при низшей температурѣ, чѣмъ его составныя части. Нѣкоторые, напр. Милль [1]) и отчасти Фоулеръ [2]), утверждали, что мы можемъ прямо умозаключать отъ случая къ случаю, такъ что то, что вѣрно о нѣсколькихъ сплавахъ, будетъ вѣрно и о слѣдующемъ новомъ. Бенъ держался такого же взгляда. Онъ думалъ, что Милль освободилъ насъ отъ мертвящихъ оковъ силлогизма и произвелъ полный переворотъ въ логикѣ. Онъ утверждаетъ, что умозаключеніе отъ частностей къ частностямъ есть не только обыкновенный, самый очевидный и самый удобный методъ, но и настоящій типъ умозаключенія, который наилучшимъ образомъ представляетъ собою истинный процессъ [3]). Безъ сомнѣнія это обыкновенный результатъ нашего умозаключенія, если имѣть въ виду степени вѣроятности; но упомянутые логики не дали намъ никакого разъясненія того процесса, посредствомъ котораго мы переходимъ отъ случая къ случаю.

Можно согласиться съ тѣмъ, что знаніе будущихъ частныхъ событій есть главная цѣль нашихъ изслѣдованій, и если бы мы имѣли какой нибудь процессъ мышленія, посредствомъ котораго мы могли бы переходить отъ случая къ случаю, то такой методъ былъ бы достаточенъ и конечно былъ бы самый короткій. Вѣрно также и то, что законы умственной ассоціаціи приводятъ умъ къ тому, что онъ всегда ожидаетъ повторенія подобнаго при подобныхъ обстоятельствахъ, и даже животныя съ весьма низкими умственными способностями должны имѣть нѣкоторые слѣды такой способности ассоціаціи, служащей для нихъ болѣе или менѣе вѣрнымъ руководствомъ за отсутствіемъ настоящей способности умозаключенія. Но по мнѣнію Милля, задача логики состоитъ скорѣе въ томъ, чтобы узнать, вѣрно ли выведены умозаключенія, чѣмъ въ томъ, чтобы находить ихъ [1]). Даже въ томъ случаѣ, когда мы по привычкѣ, по ассоціаціи или по какому нибудь грубому процессу умозаключенія прямо заключаемъ отъ прошедшаго къ будущему, дѣло логики анализировать условія, отъ которыхъ зависитъ правильность заключенія. Даже Милль соглашается, что такой анализъ требуетъ разсмотрѣнія общихъ истинъ [2]); и въ этомъ, какъ и во многихъ другихъ пунктахъ, мы можемъ опровергать взгляды Милля его же собственными положеніями. Я не нахожу умѣстнымъ въ систематическомъ сочинении, подобномъ настоящему, входить въ продолжительные споры или заниматься опроверженіемъ взглядовъ другихъ логиковъ. Но я считаю нужнымъ изложить въ особомъ сочиненіи мое мотивированное мнѣніе, что многія нововведенія Милля въ логикѣ и особенно его ученіе объ умозаключеніи отъ частностей къ частностямъ совершенно неосновательны и ложны.

---

[1]) System of Logic. bk. III ck. II.

[2]) Inductive Logic, p. 13, 14.

[3]) Бенъ Deductive Logic, p. 208, 209.

Основанія индуктивнаго умозаключенія.

По моему мнѣнію во всѣхъ случаяхъ индуктивнаго умозаключенія мы должны придумывать гипотезы, пока не нападемъ на какую нибудь гипотезу, которая даетъ дедуктивные результаты согласные съ опытомъ. Такое согласіе дѣлаетъ избранную гипотезу болѣе или менѣе вѣроятною и мы можемъ затѣмъ вывести съ нѣкоторою степенью вѣроятности природу нашего будущаго опыта на основаніи того предположенія, что въ условіяхъ природы не происходитъ никакихъ произвольныхъ перемѣнъ. Мы можемъ заключить отъ прошедшаго къ будущему только на основаніи развитаго въ этомъ сочиненіи общаго принципа, что то, что вѣрно объ одной вещи, вѣрно и о вещи подобной ей. Пока существуетъ только различіе одного предмета или явленія отъ другихъ, невозможно никакое умозаключеніе, и частности какъ частности также не могутъ составить умозаключенія, какъ песчинки не могутъ сдѣлать веревки. Мы всегда должны подняться до чего нибудь, что обще или одинаково въ нѣсколькихъ случаяхъ и предположить, что одинаковость простирается на новые случаи, природу которыхъ мы изучаемъ. Слыша тиканье часовъ 5 тысячъ разъ сряду безъ остановки и измѣненія, мы принимаемъ весьма вѣроятную гипотезу, что есть какой нибудь неизмѣнно дѣйствующій механизмъ, который производитъ эти однообразные звуки и который, если не будетъ никакого измѣненія, будетъ продолжать производить ихъ. Встрѣтивши 20 разъ блестящее тягущее вещество и находя, что оно всегда очень тяжело и не разъѣдается кислотами, я заключаю, что существуетъ какое то естественное условіе, которое при первомъ появленіи вещей соединило эти свойства вмѣстѣ и ожидаю встрѣтить ихъ соединенными и въ новомъ кускѣ. Но всегда есть возможность того, что произойдетъ какая нибудь неизвѣстная перемѣна между прошедшими и будущими случаями. Часы могутъ дойдти до конца и остановиться и вообще подвергнуться тысячѣ случайностей измѣняющихъ ихъ положеніе. Въ природѣ вещей, насколько она намъ извѣстна, нѣтъ никакого основанія, почему жолтый цвѣтъ, тягучесть и не разъѣдаемость кислотами должны быть всегда соединены вмѣстѣ и если не въ этомъ, то въ другихъ случаяхъ, подобныя ожиданія людей не оправдывались. Поэтому наши умозаключенія всегда удерживаютъ болѣе или менѣе гипотетическій характеръ и часто подлежатъ сомнѣнію. Въ той мѣрѣ, въ какой наша индукція приближается къ характеру совершенной индукціи, она приближается къ достовѣрности. Степень недостовѣрности соотвѣтствуетъ вѣроятности того, что кромѣ изслѣдованныхъ нами предметовъ могутъ существовать еще другіе, которые могутъ разрушить наши заключенія; степень же вѣроятности соотвѣствуетъ количеству знанія даннаго нашимъ изслѣдованіемъ; и намъ нужна теорія вѣроятности для того, чтобы предупреждать насъ отъ преувеличенной и отъ слишкомъ низкой оцѣнки имѣющагося у насъ знанія.

---

[1]) Syst. of Log. Introd. § 4. 5 ed. p. 8. 9.

[2]) Ibid. b. II. ch. III. § 5, p. 225, etc.

Разъясненія индуктивнаго процесса.

Чтобы разъяснить переходъ отъ извѣстнаго къ повидимому неизвѣстному, положимъ, что изслѣдуемыя нами явленія состоятъ изъ чиселъ, что мы имѣемъ передъ собою слѣдующій рядъ изъ 6 чиселъ и намъ нужно вывести заключеніе, каково должно быть слѣдующее число въ ряду:

5, 15, 35, 45, 65, 95...

Прежде всего возникаетъ вопросъ, какъ мы можемъ опредѣлить этотъ рядъ чиселъ? Что мы можемъ утверждать одинаково вѣрно о каждомъ изъ нихъ? Читатель не можетъ не замѣтить съ перваго же раза, что они всѣ оканчиваются 5; но задача состоитъ въ томъ, чтобы изъ свойствъ этихъ 6 чиселъ умозаключить къ свойствамъ слѣдующаго числа оканчивающагося 5. Если мы станемъ изслѣдовать ихъ свойства процессомъ совершенной индукціи, то сейчасъ же замѣтимъ, что они имѣютъ другое общее свойство, именно дѣлятся безъ остатка на 5. Можемъ ли мы утверждать, что слѣдующее число оканчивающееся 5 также будетъ дѣлиться на 5 и если да, то на какомъ основаніи? Или расширяя вопросъ, всякое ли число оканчивающееся 5 дѣлится на 5? Изъ того, что шесть чиселъ повинуются предполагаемому закону, слѣдуетъ ли, что и напр. 376,685,975 или вообще всякое другое число, какъ бы оно ни было велико, повинуется тому же закону? Я отвѣчаю, *конечно нѣтъ*. Разсматриваемый законъ несомнѣнно вѣренъ; но его вѣрность не можетъ быть доказываема какимъ нибудь конечнымъ числомъ примѣровъ. Все, что могутъ сдѣлать эти 6 чиселъ,—это навести умъ на догадку о возможности существованія такого закона; и я затѣмъ убѣждаюсь въ вѣрности ея, доказывая дедуктивно на основаніи правилъ десятичной нумераціи, что всякое число оканчивающееся 5 должно состоять изъ кратныхъ 5-ти и само поэтому должно быть его кратнымъ.

Чтобы представить это яснѣе, пусть читатель разберетъ теперь числа

7, 17, 37, 47, 67, 97.

Всѣ они оканчиваются 7 вмѣсто 5, и хотя разности ихъ не равны, однако совершенно такія же какъ и въ предыдущемъ случаѣ. По разсмотрѣніи читатель увидитъ, что эти числа сходны въ томъ, что они *первоначальныя числа* или кратныя только единицы. Можемъ ли мы заключить изъ этого, что слѣдующее число или вообще всякое другое число оканчивающееся 7 будетъ также первоначальное число? Очевидно нѣтъ, потому что послѣ повѣрки мы найдемъ, что 27, 57, 117 не первоначальныя числа. Итакъ шесть примѣровъ разбираемыхъ эмпирически, привели насъ къ вѣрному и общему закону въ одномъ случаѣ и къ невѣрному предположенію въ другомъ. Значитъ мы не должны довѣрять никакому закону до тѣхъ поръ, пока не разработаемъ его дедуктивно и не покажемъ, что изъ предполагаемыхъ условій ожидаемые результаты должны непремѣнно послѣдовать. Никто не могъ бы показать на основаніи принциповъ числа, что числа, оканчивающіяся 7, должны быть первоначальными числами.

Въ исторіи теоріи чиселъ можно привести нѣсколько хорошихъ примѣровъ ложной индукціи. Взявши слѣдующій рядъ первоначальныхъ чиселъ

41, 43, 47, 53, 61, 71, 83, 97, 113, 131, 151 и проч.,

мы находимъ, что всѣ они сходны въ томъ, что представляютъ величины общаго выраженія x^2+x+41, если брать для x послѣдовательно величины 0, 1, 2, 3, 4 и проч. Мы видимъ, что все получаются первоначальныя числа и повидимому была бы правильна такая индукція, что это выраженіе всегда даетъ первоначальныя числа. И однакоже нѣсколько большее число повѣрокъ показало бы, что это заключеніе ложно. Положимъ $x=40$, и мы получаемъ $40\times 40+40+41$ или 41×41. Такой ошибки не случилось бы, если бы мы привели какое нибудь дедуктивное основаніе, почему x^2+x+41 должно давать первоначальныя числа.

Не можетъ быть сомнѣнія въ томъ, что то, что случается съ 40 примѣрами, можетъ случиться съ 40 тысячами или съ 40 милліонами примѣровъ. Какой нибудь мнимый законъ никогда не оказывавшійся несостоятельнымъ до до извѣстнаго пункта можетъ внезапно рушиться, такъ что индуктивное умозаключеніе, какъ оно описывается нѣкоторыми писателями, не можетъ дать намъ достовѣрнаго знанія о томъ, что должно послѣдовать въ будущемъ. Беббеджъ въ своемъ Ninth Bridgewater Treatise показалъ, что можно было бы устроить машину, которая давала бы совершенно правильные ряды чиселъ громадное число разовъ и вдругъ въ какомъ нибудь требуемомъ пунктѣ внезапно прервала бы законъ прогрессіи. Здѣсь никакое число частныхъ случаевъ, какъ частностей, не дало бы намъ возможности перейти посредствомъ умозаключенія къ какому нибудь новому случаю. Едва ли нужно изслѣдовать здѣсь, какое умозаключеніе можно было бы вывести здѣсь изъ безчисленнаго ряда фактовъ, потому что они практически выходятъ изъ предѣловъ возможнаго для насъ; но мы, не задумываясь, можемъ принять заключеніе, что конечное число примѣровъ никогда не можетъ доказать общаго закона и не можетъ дать намъ достовѣрнаго знанія даже объ одномъ изъ прочихъ примѣровъ.

Однако же общія теоретическія теоремы были открыты посредствомъ наблюденія частныхъ случаевъ и еще могутъ быть открыты. Мы имѣемъ собственное свидѣтельство Ньютона о томъ, какъ онъ дошелъ до своего бинома, важнѣйшей теоремы, составляющей основаніе всего построенія математическаго анализа. Говоря объ извѣстной серіи членовъ, выражающихъ площадь круга или гиперболы, онъ разсказываетъ: «Я размышлялъ о томъ, что знаменатели шли въ ариѳметической прогрессіи, такъ что оставалось изслѣдовать только числовые коэфиціенты числителей. Но они въ послѣдовательныхъ площадяхъ были цифрами выражающими степени числа одиннадцать, именно 11^0, 11^1, 11^2, 11^3, 11^4, т. е. въ первой 1, во второй 1, 1, въ третьей 1, 2, 1, въ четвертой 1, 3, 3, 1, въ пятой 1, 4, 6, 4, 1 ¹). Поэтому я сталъ изслѣдовать, какимъ образомъ могутъ быть найдены остальныя цифры по первымъ двумъ и нашелъ, что если первую цифру назвать m, то всѣ остальныя могутъ быть найдены посредствомъ непрерывнаго помноженія членовъ формулы

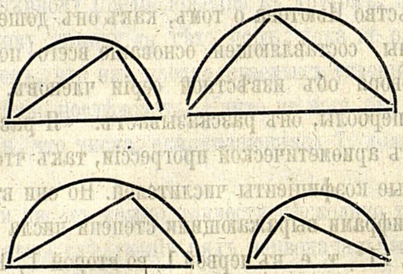
---

¹) Это фигурныя числа, разсмотрѣнныя выше, стр. 180 и проч.

$$\frac{m-0}{1}\times\frac{m-1}{2}\times\frac{m-2}{3}\times\frac{m-3}{4}\times \text{ и проч. }^{1)}.$$

Совершенно очевидно изъ этого интереснаго свидѣтельства, что Ньютонъ, просто наблюдая рядъ чиселъ, пробовалъ различныя формулы, пока не нашелъ такой, которая была согласна со всѣми ими. Однако, онъ до такой степени мало былъ убѣжденъ въ вѣрности процесса, что повѣрялъ частные результаты своей новой теоремы сравненіемъ ихъ съ результатами обыкновеннаго умноженія и правилами извлеченія квадратныхъ корней. И дѣйствительно, Ньютонъ не далъ доказательства своей теоремы; и величайшія математики прошлаго столѣтія, Яковъ Бернулли, Маклоренъ, Ланденъ, Эйлеръ, Лагранжъ и др., занимались отысканіемъ дѣйствительнаго метода дедуктивнаго доказательства.

Нѣтъ сомнѣнія, что и въ геометріи также прямое наблюденіе можетъ приводить къ открытіямъ. Многія изъ кажущихся теперь тривіальными положеній въ Элементахъ Эвклида были, вѣроятно, открыты такимъ же образомъ древними греческими геометрами; и мы имѣемъ вполнѣ ясныя доказательства этого въ Комментаріяхъ Прокла ²). Галилей первый изслѣдовалъ замѣчательныя свойства циклоида, кривой описываемой какой нибудь точкой на окружности колеса, катящагося по плоскости. Прямымъ наблюденіемъ онъ убѣдился, что площадь кривой, повидимому, въ три раза больше площади производящаго круга или колеса; но онъ не могъ доказать этого точно или повѣрить строгимъ геометрическимъ умозаключеніемъ. Сэръ Д. Эйри разсказываетъ любопытный случай, какъ онъ случайно напалъ на новое геометрическое свойство шара ³). Но открытіе въ такихъ случаяхъ есть не болѣе какъ догадка,



---

¹) Commercium Epistolicum. Epistola ad Oldenburgum, Oct. 24. 1676 Горсли, Works of Newton, v. IV. p. 541. См. Де Морганъ въ Penny Cyclopoedia, art. Binomial Theorem, p. 412.

²) Книга II, глава IV.

³) Philos. Trans. 1866, v. 146, p. 334.

и всегда только посредствомъ чистой дедукціи дѣйствительно устанавливаются общіе законы. Какъ выражается Проклъ, мы должны переходить отъ чувства къ разсужденію. Если напр. данъ рядъ фигуръ, представленныхъ на прилагаемомъ рисункѣ, то измѣреніе покажетъ, что кривыя линіи приближаются къ полукругамъ, а прямолинейныя фигуры къ прямоугольнымъ треугольникамъ. Эти фигуры могутъ возбудить въ умѣ догадку объ общемъ законѣ, что углы, вписанные въ полукругахъ, суть прямые углы; но никакое число примѣровъ и никакая возможная аккуратность измѣренія не докажутъ вѣрности этого общаго закона. Пользуясь догадкой, возбужденной фигурами, мы можемъ только дедуктивно изслѣдовать слѣдствія, вытекающія изъ опредѣленія круга, пока не откроемъ между ними свойства заключать въ себѣ прямые углы. Нѣкоторые воображали, что они открыли методъ раздѣлять уголъ на три части посредствомъ построеній плоской геометріи на томъ основаніи, что извѣстное сложное расположеніе линій и круговъ, повидимому, дѣлило на три части уголъ въ каждомъ случаѣ изслѣдованномъ ими и они умозаключили по мнимому методу индукціи, что имъ это удастся во всѣхъ другихъ случаяхъ. Де Морганъ разсказываетъ объ одномъ предложенномъ способѣ раздѣленія угла на три части, котораго глазами нельзя было отличить отъ настоящаго общаго рѣшенія, исключая того случая, когда онъ былъ примѣняемъ въ весьма тупымъ угламъ [1]). Во всѣхъ другихъ случаяхъ всегда оказывалось, или что уголъ вовсе не раздѣлялся на три части, или что только нѣкоторые особенные углы могли быть раздѣлены на трое такимъ образомъ. Изобрѣтатели раздѣленія угла на три части были введены въ заблужденіе нѣкоторыми кажущимися или частными совпаденіями, и только дедуктивное доказательство могло установить вѣрность и общность результата. Въ этомъ частномъ случаѣ дедуктивное доказательство показываетъ, что разрѣшаемая задача невозможна и что углы вообще не могутъ быть раздѣлены на три части обыкновенными геометрическими методами.

Геометрическое умозаключеніе.

Изложенный выше взглядъ сильно подкрѣпляется дальнѣйшимъ разсмотрѣніемъ геометрическаго умозаключенія. Никакое искуство и тщательность не дадутъ намъ средства повѣрить безусловно какое бы то ни было геометрическое положеніе. Руссо въ своемъ *Эмилѣ* говоритъ намъ, что мы должны учить ребенка геометріи, заставляя его измѣрять и сравнивать фигуры посредствомъ наложенія. Пока еще ребенокъ неспособенъ къ геометрическому умозаключенію, это, конечно, самый поучительный способъ; но этотъ способъ никогда не научилъ бы его геометріи и не могъ бы доказать вѣрности ни одного положенія. Всѣ наши чертежи суть только грубыя приближенія и они могутъ казаться неравными, когда они должны быть равными и кажутся равными, когда они должны быть неравными. Кромѣ того, чертежи случайно могутъ казаться равными въ нѣсколькихъ случаяхъ, и однако же не можетъ быть никакого общаго основанія, по которому они должны были бы быть равны. Результаты дедуктивнаго геометрическаго умозаключенія безусловно достовѣрны и суть или точно вѣрны, или могутъ быть доведены до какой угодно требуемой степени приближенія. Въ совершенномъ треугольникѣ углы должны быть равны точно двумъ прямымъ угламъ; невозможно даже ничтожнѣйшее уклоненіе; и съ такою же увѣренностью я думаю, что каково бы ни было число угловъ въ формѣ, только бы не было въ ней входящихъ угловъ, сумма угловъ будетъ совершенно и безусловно равна числу прямыхъ угловъ, взятому вдвое столько, сколько фигура имѣетъ сторонъ безъ четырехъ прямыхъ угловъ. Въ такихъ случаяхъ дедуктивное доказательство безусловно и полно; эмпирическая повѣрка можетъ не болѣе какъ только предостерегать противъ случайныхъ недосмотровъ.

---

[1]) Budget of Paradoxes, p. 257.

Есть другой классъ геометрическихъ истинъ, которыя могутъ быть доказаны только посредствомъ приближенія; но такъ какъ умъ не видитъ основанія, почему бы это приближеніе не продолжалось постоянно далѣе, то мы и приходимъ къ полному убѣжденію. Такъ мы знаемъ, что поверхность шара равна двумъ третямъ описаннаго цилиндра или площади производящаго круга взятой четыре раза. Площадь параболы составляетъ двѣ трети площади описаннаго параллелограма. Площадь циклоида гораздо больше площади производящаго круга. Это истины, въ которыхъ мы никогда не можемъ удостовѣриться или повторить ихъ наблюденіемъ; потому что какая нибудь конечная величина разницы меньше той, какую мы можемъ замѣтить чувствами, могла бы поколебать ихъ.

Кромѣ того есть геометрическія отношенія, которыхъ мы не можемъ опредѣлить точно, но которыя мы можемъ довести до всякой желаемой степени приближенія. Отношеніе окружности круга къ діаметру есть отношеніе 3,14159265358979323846.... къ 1, и это приближеніе можно вести дальше настолько, насколько хватитъ труда. Шанксъ далъ величину этой естественной постоянной, извѣстной подъ знакомъ π до 707 десятичныхъ знаковъ [1]). Нѣсколько лѣтъ тому назадъ я забавлялся пробами, какъ близко я могъ подойти къ этому отношенію; посредствомъ тщательной работы циркулемъ я не могъ подойти ближе чѣмъ 1 къ 540. Мы можемъ вообразить, что измѣренія произведены такъ тщательно, что дадутъ намъ рядъ цифръ изъ 8 или 9. Но руки и чувства гдѣ нибудь должны были бы остановиться, между тѣмъ какъ умственныя силы дедуктивнаго умозаключенія могли бы идти дальше до неограниченной степени приближенія. Значитъ геометрическія истины не могутъ быть провѣрены; а если такъ, то ихъ даже нельзя узнать изъ наблюденія. Какимъ бы образомъ я могъ узнать изъ наблюденія положеніе, даже вѣрность котораго я не могу доказать наблюденіемъ, если бы даже зналъ его? Все, что можетъ сдѣлать наблюденіе или эмпирическая проба, это вызывать догадку о положеніяхъ, вѣрность которыхъ потомъ можетъ быть доказана дедуктивно.

---

[1]) Proceed. of the Royal Soc., 1872—3, v. XXI. p. 319.

Если вѣрить Вивіани, Галилей старался убѣдиться въ вѣрности своего положенія на счетъ площади циклоида и для этого вырѣзывалъ большіе циклоиды изъ картона и затѣмъ сравнивалъ площади кривой и производящаго круга посредствомъ взвѣшиванія ихъ. Во всякомъ опытѣ кривая давала вѣсъ меньше, чѣмъ въ три раза противъ круга, такъ что будто бы Галилей началъ даже сомнѣваться, чтобы отношеніе 3 къ 1 было точно. Однако совершенно ясно, что никакимъ процессомъ измѣренія или взвѣшиванія нельзя доказать подобныхъ истинъ и дѣйствительно Торичелли показалъ, что его учитель Галилей только угадывалъ это положеніе ¹).

Много было говорено объ особенной достовѣрности математическаго умозаключенія, но это только достовѣрность дедуктивнаго умозаключенія, и одинаковая достовѣрность свойственна всякой правильной логической дедукціи. Если треугольникъ прямоуголенъ, то квадратъ на его гипотенузѣ несомнѣнно будетъ равенъ суммѣ квадратовъ на катетахъ; но я никогда не могу быть увѣренъ въ томъ, что треугольникъ прямоуголенъ. Я также могу быть увѣреннымъ въ томъ, что азотная кислота не растворитъ золота, только тогда, когда я знаю, что употребляемыя вещества дѣйствительно соотвѣтствуютъ тѣмъ, которыя я пробовалъ въ предварительномъ опытѣ. Здѣсь одинаковая достовѣрность умозаключенія и одинаковое сомнѣніе насчетъ фактовъ.

Различіе между достовѣрностью и вѣроятностью.

Мы должны постоянно помнить ту истину, что наше знаніе законовъ природы и будущихъ явленій внѣшняго міра только вѣроятно. Умъ вполнѣ спо-

---

¹) Life of Galileo, Society for the Diffusion of Useful Knowledge p. 102.

собенъ обладать достовѣрнымъ знаніемъ, и нужно тщательно отличать то, что мы можемъ и чего не можемъ знать съ достовѣрностью. Во 1-хъ всякое ощущеніе дѣйствительно существующее въ сознаніи достовѣрно извѣстно уму. Если я вижу голубое небо, я могу быть совершенно увѣреннымъ, что я испытываю ощущеніе голубаго цвѣта. Все, что я чувствую, чувствую выше всякаго сомнѣнія. Мы однако очень склонны смѣшивать то, что мы дѣйствительно чувствуемъ, съ тѣмъ, что мы расположены ассоціировать съ нимъ и выводить индуктивно изъ него; но все сознаваемое нами, по скольку оно есть результатъ чистаго воззрѣнія и свободно отъ умозаключенія, есть достовѣрное знаніе выше всякаго сомнѣнія.

Во 2-хъ мы можемъ имѣть достовѣрность умозаключенія; основные законы мысли и правила замѣщенія (стр. 9) достовѣрны, истинны; и если мои чувства показываютъ мнѣ, что A неотличимо по цвѣту отъ B, и B отъ C, тогда я также могу быть одинаково увѣреннымъ въ томъ, что A неотличимо отъ C. Словомъ всякую истину, заключающуюся въ посылкахъ, я могу несомнѣнно перевести въ ея правильный логическій результатъ. Но достовѣрность вообще имѣетъ гипотетическій характеръ. Я никогда не могу быть вполнѣ увѣреннымъ, что два цвѣта совершенно одинаковы, что двѣ величины совершенно равны и что вообще какія бы то ни было двѣ вещи были тожественны даже по ихъ наружнымъ качествамъ. Почти всѣ наши сужденія содержатъ въ себѣ количественныя отношенія и какъ будетъ показано въ слѣдующихъ главахъ, мы никогда не можемъ достигнуть точности и достовѣрности тамъ, гдѣ есть непрерывное количество. Однако сужденія о прерывающихся количествахъ или числахъ допускаютъ достовѣренность: я могу доказать несомнѣнно, что напр. разность квадратовъ 17 и 13 есть произведеніе $17+13$ на $17-13$ и значитъ 30×4 или 120.

Умозаключенія, выводимыя нами на счетъ естественныхъ предметовъ, могутъ быть достовѣрны только съ гипотетической точки зрѣнія. Намъ можетъ казаться достовѣрнымъ, что желѣзо магнитно или что золото не растворяется въ азотной кислотѣ; но если мы тщательно изслѣдуемъ значеніе этихъ положеній, то увидимъ, что они обладаютъ только достовѣрностью субъективнаго сознанія и достовѣрностью гипотетическаго умозаключенія. Ибо, что я разумѣю подъ желѣзомъ или золотомъ? Если я возьму характеристическій кусокъ жолтаго вещества, назову его золотомъ и затѣмъ погружу его въ жидкость, которую я называю азотной кислотой, и вижу, что не происходитъ измѣненія называемаго раствореніемъ, тогда сознаніе достовѣрно сообщаетъ мнѣ, что согласно съ моимъ значеніемъ терминовъ «золото нерастворимо въ азотной кислотѣ». Дальше я могу быть увѣренъ и еще въ чемъ нибудь кромѣ этого, потому что если это золото и азотная кислота останутся тѣмъ, чѣмъ они были, то я могу быть увѣренъ въ томъ, что не произойдетъ растворенія и при слѣдующемъ опытѣ. Если я возьму другіе обращики золота и азотной кислоты, и буду имѣть увѣренность въ томъ, что они дѣйствительно тожественны съ прежними экземплярами, тогда я могу быть увѣренъ и въ томъ, что не произойдетъ растворенія. Но на этомъ пунктѣ мое знаніе становится чисто гипотетическимъ; ибо какимъ образомъ я могу быть увѣренъ безъ испытанія въ томъ, что золото и кислота дѣйствительно тожественны по природѣ съ тѣмъ, что я прежде назвалъ золотомъ и азотной кислотой. Какимъ образомъ я узнаю золото, когда увижу его? Если я стану судить по наружнымъ качествамъ, цвѣту, тяжести, удѣльному вѣсу и проч., то я могу ошибиться, потому что всегда можетъ существовать вещество, которое съ цвѣтомъ, тягучестью, удѣльнымъ вѣсомъ и другими характеристическими качествами золота соединяетъ другія качества, которыхъ мы не ожидаемъ. Также точно, если желѣзо магнитно, какъ показываетъ опытъ надъ предметами соотвѣтствующими этимъ названіямъ, тогда всякое желѣзо магнитно, разумѣя подъ этимъ всѣ куски вещества тожественнаго съ моимъ пробнымъ кускомъ. Но пытаясь отожествить желѣзо, я всегда могу впасть въ ошибку. И эта возможность ошибки не есть только одно спекулятивное предположеніе [1]).

Исторія химіи показываетъ, что самыя надежныя умозаключенія могутъ оказаться ложными вслѣдствіе смѣшиванія одного вещества съ другимъ. Такъ стронціанъ не отличали отъ барита, пока Клапротъ и Гаю не открыли различія между нѣкоторыми изъ ихъ свойствъ. Поэтому химики должны были часто заключать относительно стронція то, что было вѣрно только о баритѣ, и наоборотъ. Несомнѣнно, что недавно открытыя вещества, цезій и рубидій, были долго принимаемы ошибочно за калій [2]). Другіе элементы также были часто смѣшиваемы другъ съ другомъ, напр. танталъ и ніобій, сѣра и селенъ, церій, лантанъ и дидимъ, иттрій и эрбій.

Даже самые достовѣрные законы физической науки не исключаютъ ложныхъ умозаключеній. Ни одинъ законъ природы не былъ такъ прочно установленъ, какъ всеобщее тяготѣніе и мы думаемъ съ крайнею увѣренностью, что всякое тѣло способное дѣйствовать на наши чувства будетъ притягивать другія тѣла и падать на землю, если оно ничѣмъ не задерживается. Эйлеръ замѣчаетъ, что хотя онъ и не дѣлалъ испытанія надъ камнями, входящими въ составъ зданія магдебургской церкви, однако онъ не имѣетъ ни малѣйшаго сомнѣнія въ томъ, что всѣ они тяжелы и ничѣмъ не поддерживаемые упадутъ на землю; но, прибавляетъ онъ, было бы крайне трудно представить какое нибудь удовлетворительное объясненіе такой вѣры [1]. Дѣло въ томъ, что вѣра не можетъ перейти въ достовѣрность иначе, какъ послѣ опытной повѣрки, а до тѣхъ поръ все таки остается нѣсколько неувѣренности, потому что мы не можемъ быть увѣренными въ томъ, чтобы камни магдебургской церкви были сходны съ другими камнями во всѣхъ своихъ свойствахъ.

---

[1]) Боуенъ прекрасно развилъ этотъ взглядъ въ Treatise on Logic. Cambridge U. S. A., 1866, p. 354.

[2]) Роско, Spectrum Analysis. 1 ed. p. 98.

Подобнымъ же образомъ ни одна индуктивная истина, которую установили люди или которая только считается установленною, не можетъ быть вполнѣ гарантирована противъ исключеній или отмѣны. Лавуазье, полагая основаніе химіи, встрѣчалъ столько примѣровъ, показывавшихъ существованіе кислорода во всѣхъ кислотахъ, что онъ счелъ это общимъ правиломъ и отсюда произвелъ названіе кислорода. Онъ не имѣлъ и малѣйшаго сомнѣнія въ томъ, что и кислота, получаемая изъ морской соли, также содержитъ кислородъ [2]; однако же послѣдующіе опыты опровергли его заключеніе. Этотъ примѣръ относится къ наукѣ, находившейся въ дѣтствѣ, употребляя это слово относительно дальнѣйшихъ успѣховъ ея. Но всѣ науки пребываютъ и останутся въ дѣтствѣ относительно обширности и сложности вселенной, которую они берутся изслѣдовать. Эйлеръ былъ совершенно правъ, когда сказалъ, что нельзя указать ни одной дѣйствительно существующей вещи, о которой мы могли бы имѣть столь совершенное знаніе, чтобы были гарантированы противъ всякихъ ошибокъ [3]. Мы можемъ быть вполнѣ увѣрены, что комета будетъ продолжать двигаться по тому же направленію, *если* всѣ обстоятельства останутся неизмѣнными; но если мы не сдѣлаемъ этого ограниченія, то наши предсказанія будутъ подвержены риску оказаться ложными вслѣдствіе какого-нибудь неожиданнаго событія, какъ напр. раздѣленіе кометы Бѣлы или вліяніе какого-нибудь неизвѣстнаго тяготѣющаго тѣла.

Индуктивное умозаключеніе могло бы достигнуть достовѣрности, если бы мы имѣли полное знаніе объ агентахъ, существующихъ во всей вселенной, и если бы мы были увѣрены, что ходъ вселенной будетъ неизмѣненъ. Возможно существованіе причинъ, о которыхъ мы ничего не знаемъ, а они во всякій моментъ могутъ произвести неожиданное дѣйствіе. Даже когда по теоріи вѣроятностей намъ удается составить понятіе объ относительной достовѣрности, какую мы можемъ придать индуктивнымъ результатамъ, то все-таки, мнѣ кажется, что мы можемъ составить не болѣе какъ только предположеніе. Явленія выходятъ какъ шары изъ балотировальнаго ящика природы и внимательное наблюденіе можетъ дать намъ возможность, какъ мы увидимъ въ слѣдующей главѣ, составить себѣ нѣкоторое понятіе о содержаніи балотировальнаго ящика. Но мы всетаки должны и здѣсь предполагать, что между временемъ нашего наблюденія и тѣмъ временемъ, къ которому относятся наши умозаключенія, не произошло никакого измѣненія въ балотировальномъ ящикѣ.

---

[1] Эйлеръ, Письма къ нѣмецкой принцессѣ, англійск. пер. Гонтера, 2 изд. т. II. стр. 17—18.

[2] Лавуазье, Химія, англ. пер. Керра, 3 изд. с. 114, 121, 123.

[3] Письма, т. II, с. 21.

ГЛАВА XII.

ИНДУКТИВНОЕ ИЛИ ОБРАТНОЕ ПРИМѢНЕНІЕ ТЕОРІИ ВѢРОЯТНОСТИ.

До сихъ поръ мы разсматривали теорію вѣроятности только въ ея простомъ дедуктивномъ употребленіи, при которомъ она даетъ намъ возможность опредѣлить по даннымъ условіямъ вѣроятный характеръ явленій, совершающихся при этихъ условіяхъ. Но какъ дедуктивное умозаключеніе, когда оно примѣняется обратно, составляетъ процессъ индукціи, такъ и вычисленіе вѣроятностей можетъ быть примѣняемо обратно; по извѣстному характеру данныхъ явленій, мы можемъ заключать обратно о вѣроятности извѣстнаго закона или условія, управляющаго этими явленіями. Сдѣлавши удовлетворительно это дѣло, мы можемъ напередъ вычислить вѣроятный характеръ будущихъ событій, совершающихся при тѣхъ же условіяхъ; но эта часть процесса есть прямое употребленіе дедуктивнаго умозаключенія.

При этомъ въ высшей степени поучительно то, что примѣняется ли теорія вѣроятности дедуктивно или индуктивно, но вычисленіе ея всегда дѣлается согласно съ принципами и правилами дедукціи. Вѣроятность того, что явленіе имѣетъ особенное условіе, вполнѣ зависитъ отъ вѣроятности того, что когда существуетъ условіе, то явленіе послѣдуетъ. Если мы возьмемъ колоду картъ и замѣтимъ, что они расположены въ совершенномъ числовомъ порядкѣ, то выводимъ изъ этого несомнѣнное заключеніе, что они расположены такъ съ намѣреніемъ кѣмъ-нибудь знакомымъ съ обыкновеннымъ порядкомъ картъ. Это заключеніе неизбѣжное и основательное; потому что для объясненія этого особеннаго порядка въ расположеніи картъ мы можемъ сдѣлать только два предположенія:

---

[2]) Лавуазье Химія, англ. пер. Керра, 3 изд. с. 114, 121, 123.

1) Они были съ намѣреніемъ расположены такъ кѣмъ-нибудь, кто вѣроятно предпочитаетъ числовой порядокъ:

3) Они могли расположиться въ этомъ порядкѣ случайно, т. е. какимъ-нибудь рядомъ условій, которыя неизвѣстны намъ и о которыхъ мы не можемъ знать, что они приводятъ преимущественно къ тому особенному порядку, о которомъ идетъ рѣчь.

Послѣднее предложеніе нисколько не нелѣпо, потому что одинъ извѣстный порядокъ столь же вѣроятенъ, какъ и всякій другой, если нѣтъ преобладающей тенденціи къ какому-нибудь одному порядку. По правиламъ перемѣщеній мы можемъ легко вычислить вѣроятность того, что 52 предмета расположатся случайно въ извѣстномъ опредѣленномъ порядкѣ. 52 предмета могутъ расположиться въ $52 \times 51 \times \ldots \times 3 \times 2 \times 1$ или около $8066 \times (10)^{64}$ возможныхъ порядкахъ, такъ чтобы вполнѣ выразить это число потребовался бы рядъ изъ 68 цифръ. Поэтому крайне невѣроятно, чтобы въ колодѣ картъ можно было встрѣтить случайное расположеніе картъ въ совершенномъ порядкѣ. Если мы встрѣчаемъ колоду картъ, расположенную такимъ образомъ, то неизбѣжно принимаемъ другое предположеніе, что кто-нибудь, имѣя основаніе предпочесть этотъ спеціальный порядокъ, расположилъ ихъ такъ.

Мы знаемъ, что изъ громаднаго числа возможныхъ порядковъ числовой порядокъ есть самый замѣчательный; онъ доказываетъ совершенный составъ колоды и онъ есть результатъ предназначенія ея для извѣстныхъ игръ. Во всякомъ случаѣ вѣроятность того, что этотъ порядокъ произведенъ намѣренно, несравненно больше, чѣмъ вѣроятность того, что его произвелъ случай; и такъ какъ извѣстная колода существуетъ въ этомъ порядкѣ, то мы справедливо предпочитаемъ предположеніе, которое съ большею вѣроятностью приводитъ къ наблюдаемому результату.

Подобнымъ же способомъ умозаключенія мы ежедневно приходимъ, и основательно приходимъ, къ заключеніямъ, приближающимся къ достовѣрности. Наблюдая совершенное сходство между двумя предметами, напр. между двумя печатными страницами, двумя гравюрами, двумя монетами, двумя слѣдами, мы съ полною увѣренностью можемъ утверждать, что они произошли отъ одного набора, отъ одной доски, отъ одной пары штемпелей или отъ одного сапога. Почему же? Потому что почти невозможно, чтобы отъ различныхъ наборовъ, досокъ, штемпелей или сапоговъ не получилось какое-нибудь замѣтное различіе въ формѣ этихъ предметовъ. Невозможно даже для руки самаго искуснаго артиста сдѣлать два совершенно сходные предмета и механическое повтореніе есть единственное объясненіе точнаго подобія.

Мы часто можемъ доказать съ крайнею вѣроятностью, что одинъ документъ составляетъ копію съ другаго. Предположимъ, что каждый документъ содержитъ 10,000 словъ и что одно и то же слово написано неправильно въ обоихъ. Тогда вѣроятность того, что одна и та же ошибка была сдѣлана независимо въ каждомъ, будетъ менѣе чѣмъ 1 къ 10,000. Если мы встрѣтимъ другую ошибку, находящуюся въ обоихъ документахъ, тогда вѣроятность того, что эти два совпаденія произошли случайно, будетъ менѣе чѣмъ 1 къ 10,000 ×999 и числа возрастаютъ чрезвычайно быстро для большаго числа совпаденій. Мы не можемъ сдѣлать точныхъ вычисленій, не принимая въ соображеніе характера сдѣланныхъ ошибокъ; но относительно условій этихъ ошибокъ мы не имѣемъ вѣрныхъ средствъ вычислить ихъ вѣроятности. Тѣмъ не менѣе этимъ путемъ можетъ быть получено достаточное доказательство происхожденія документовъ одного отъ другаго. Изслѣдуя многія изданія логариѳмическихъ таблицъ, мы находимъ, что 6 замѣтныхъ ошибокъ встрѣчаются во всѣхъ ихъ, за исключеніемъ двухъ, и было доказано, что таблицы, напечатанныя въ Парижѣ, Берлинѣ, Флоренціи, Авиньонѣ и даже въ Китаѣ, исключая 13-ти изданій, напечатанныхъ въ Англіи между 1633 и 1822 годами, происходили прямо или непрямо изъ какого-то общаго источника ¹). Съ извѣстнымъ количествомъ труда возможно установить выше всякаго резоннаго сомнѣнія отношенія родства или генеалогію какого угодно числа копій съ одного документа, происходящихъ вѣроятно отъ первоначальной копіи, теперь потерянной. Этимъ способомъ было тщательно изслѣдовано родство между манускриптами Новаго Завѣта и то же было сдѣлано относительно многихъ классическихъ сочиненій, особенно нѣмецкими учеными.

Принципъ обратнаго метода.

Обратное примѣненіе правилъ вѣроятности всецѣло зависитъ отъ положенія, которое можно формумировать такъ, почти словами Лапласа ²): Если событіе можетъ быть произведено какою-нибудь изъ извѣстнаго числа различныхъ причинъ, которыя одинаково вѣроятны à priori, то вѣроятности существованія этихъ причинъ, выводимыя изъ событія, пропорціональны вѣроятностямъ появленія событія, какъ происходящаго отъ этихъ причинъ. Другими словами, наиболѣе вѣроятная причина совершившагося событія есть та, которая всего вѣроятнѣе повела бы къ событію, предполагая, что она существуетъ; но всѣ другія возможныя причины также должны быть приняты въ сообра-

---

¹) Ларднеръ, Edinburgh Review 1834, Iuly. 277.

²) Mémoires par divers Savans, t. VI; цитировано у Тодгунтера въ его History of the Theory of Probability p. 458.

женіе съ вѣроятностями, пропорціональными вѣроятности того, что событіе совершилось бы, если бы причина существовала. Для разъясненія этого положимъ, что E есть событіе и C_1, C_2 C_3 три возможныя причины. Если C_1 существуетъ, то вѣроятность того, что случится E, есть p_1; если существуютъ C_2 или C_3, то подобныя же вѣроятности будутъ p_2 и p_3. Поэтому, какъ p_1 относится къ p_2, такъ и вѣроятность того, что C_1 есть настоящая дѣйствующая причина, относится къ вѣроятности того, что такая причина есть C_2; и подобнымъ же образомъ, какъ p_2 относится къ p_3, такъ и вѣроятность того, что C_2 есть дѣйствующая причина, относится къ вѣроятности того, что такая причина есть C_3. Помощью простого математическаго дѣйствія мы приходимъ къ заключенію, что дѣйствительная вѣроятность того, что C_1 есть причина, будетъ

$$\frac{p_1}{p_1+p_2+p_3}.$$

и подобныя же вѣроятности того, что причинами служатъ C_2 и C_3 будутъ

$$\frac{p_2}{p_1+p_2+p_3} \text{ и } \frac{p_3}{p_1+p_2+p_3}.$$

Сумма этихъ трехъ дробей составляетъ единицу, которая вѣрно выражаетъ достовѣрность того, что должна дѣйствовать непремѣнно та или другая причина.

Въ общей формѣ мы можемъ выразить этотъ результатъ такимъ образомъ. Если достовѣрно, что та или другая изъ предполагаемыхъ причинъ существуетъ, то вѣроятность того, что существуетъ одна какая-нибудь изъ нихъ есть вѣроятность того, что если она существуетъ, то событіе совершается, дѣленная на сумму всѣхъ подобныхъ вѣроятностей. Кому нибудь все это можетъ показаться запутаннымъ и очень скучнымъ поэтому; но эта запутанность свойственна самому разсматриваемому предмету. Никто не можетъ понять принциповъ индуктивнаго умозаключенія, прежде чѣмъ онъ не дастъ себѣ труда овладѣть вполнѣ смысломъ этого правила, посредствомъ котораго мы отъ событія или явленія заключаемъ къ вѣроятности каждой изъ его возможныхъ причинъ.

Къ принятію этого правила или принципа непрямаго метода почти инстинктивно приводитъ насъ здравый смыслъ, прежде чѣмъ мы получимъ какое-либо понятіе объ этомъ принципѣ въ его общей формѣ. Кромѣ того легко видѣть, что это правило въ большинствѣ случаевъ чаще приводитъ насъ къ истинѣ, потому что самая вѣроятная причина явленія означаетъ собственно ту причину, которая въ наибольшемъ числѣ случаевъ производитъ это явленіе. Донкинъ и Буль представили доказательство этого принципа, но самое понятное доказательство принадлежитъ Пуассону. Онъ представляетъ каждый возможный случай явленія въ видѣ отдѣльнаго балотировальнаго ящика, содержащаго бѣлые и черные шары въ такой пропорціи, чтобы вѣроятность вынутія бѣлаго шара была равна вѣроятности случая явленія. Онъ далѣе предполагаетъ, что каждый ящикъ содержитъ по возможности одинаковое общее число шаровъ бѣлыхъ и черныхъ; затѣмъ соединяя вмѣстѣ содержимое всѣхъ ящиковъ, онъ показываетъ, что если изъ произведенной такимъ образомъ смѣси балотировальныхъ ящиковъ вынется бѣлый шаръ, то вѣроятность того, что онъ происходитъ изъ какого нибудь опредѣленнаго ящика, выражается числомъ бѣлыхъ шаровъ въ этомъ ящикѣ, дѣленнымъ на общее число бѣлыхъ шаровъ во всѣхъ ящикахъ. Такой результатъ и соотвѣтствуетъ результату, какой даетъ разсматриваемый принципъ [1]).

Такъ если бы было три ящика, изъ которыхъ въ каждомъ было бы всего по 10 шаровъ, а бѣлыхъ въ одномъ 7, въ другомъ—4, а въ третьемъ—3, то соединивши вмѣстѣ всѣ шары, мы имѣли бы 14 бѣлыхъ шаровъ; и если бы мы вынули бѣлый шаръ, другими словами если бы случилось явленіе, то вѣроятность того, что онъ происходитъ изъ перваго ящика есть ${}^{7}|_{14}$, что равно дроби $\frac{{}^{7}|_{10}}{{}^{7}|_{10} + {}^{4}|_{10} + {}^{3}|_{10},}$ которую даетъ правило обратнаго метода.

Простыя примѣненія обратнаго метода.

Во многихъ случаяхъ научной индукціи мы можемъ примѣнить принципъ обратнаго метода простымъ способомъ. Если можно составить только двѣ или вообще немного гипотезъ на счетъ происхожденія извѣстныхъ явленій, то мы можемъ иногда легко вычислить ихъ вѣроятности. Такъ Бунзенъ и Кирхгофъ доказали съ вѣроятностью близкою къ достовѣрности, что въ солнцѣ существуетъ желѣзо. Сравнивая спектръ солнечнаго свѣта со спестромъ раскаленныхъ паровъ желѣза, они замѣтили, что по крайней мѣрѣ 60 свѣтлыхъ линій въ спектрѣ желѣза совпадаютъ съ темными линіями солнечнаго спектра. Такого совпаденія нельзя наблюдать съ достовѣрностью, потому что если бы даже линіи не совпадали, а только были бы очень близки между собою, то и тогда вслѣдствіе несовершенства спектроскопа могло бы показаться, что они совпадаютъ, и если бы одна линія находилась на разстояніи полмиллиметра отъ другой, то на таблицѣ спектра ихъ нельзя было бы показать отдѣльно. Но среднее разстояніе солнечныхъ линій на таблицѣ Кирхгофа есть 2 миллиметра, и если бы мы, такъ сказать, наудачу бросили линію на эту таблицу, то вѣроятность того, что эта линія упала бы по ту или другую сторону отъ одной какой нибудь изъ солнечныхъ линій на разстояніи не болѣе полмиллиметра отъ нея, была бы около 1/2. Чтобы выразить это иначе, мы можемъ предположить, что каждая солнечная линія или вслѣдствіе своей собственной ширины или вслѣдствіе недостатковъ инструмента имѣетъ ширину въ полмиллиметра, и что каждая линія въ спектрѣ желѣза имѣетъ такую же ширину. Тогда вѣроятность того, чтобы центръ каждой линіи желѣза случайно попалъ на разстояніе 1 миллиметра отъ центра солнечной линіи, такъ чтобы они казались совпадающими, будетъ какъ разъ 1/2. Вѣроятность случайнаго совпаденія каждой линіи желѣза съ солнечной линіей есть такимъ же образомъ 1/2. Совпаденіе для каждой изъ 60 линій желѣза есть крайне невѣроятное событіе, если оно произошло случайно, потому что вѣроятность его была бы только $\left(\frac{1}{2}\right)^{60}$ или менѣе чѣмъ 1 къ трилліону. Словомъ, шансы противъ такого случайнаго совпаденія болѣе чѣмъ 1 къ милліону милліоновъ милліоновъ 1). Но если признать другую гипотезу, что желѣзо существуетъ въ солнцѣ, то въ высшей степени вѣроятно, чтобы были такія совпаденія; безъ всякаго сравненія вѣроятнѣе то, что совпаденія происходятъ вслѣдствіе существованія желѣза въ солнцѣ, чѣмъ то, что они произошли случайно. Отсюда по нашему принципу должна быть громадная вѣроятность того, что желѣзо существуетъ въ солнцѣ.

---

[1]) Пуассонъ, Recherches sur la Probabilité des Jugements, Paris, 1837 p. 82, 83.

Всѣ другіе интересные результаты полученные сравненіемъ спектровъ основываются на этомъ же самомъ принципѣ вѣроятности. Почти совершенное совпаденіе между спектрами солнечнымъ, луннымъ и планетнымъ достовѣрно доказываетъ, что весь этотъ свѣтъ солнечнаго происхожденія и есть свѣтъ отражонный отъ поверхностей луны и планетъ и только претерпѣвшій легкое измѣненіе вслѣдствіе вліянія отмосферы нѣкоторыхъ планетъ. Такимъ образомъ это еще новое доказательство истины Коперниковой системы.

Гершель такимъ же путемъ доказалъ связь между направленіемъ косвенныхъ плоскостей на кристаллахъ кварца и направленіемъ, въ которомъ тѣ же кристаллы вращаютъ плоскость поляризаціи свѣта. Ибо если найдено, что и въ другомъ кристаллѣ отношеніе такое же, какъ въ первомъ, то вѣроятность, что это произошло случайно, есть 1/2; вѣроятность, что и въ слѣдующемъ кристаллѣ направленіе будетъ то же самое, есть 1/4 и т. д. Вѣроятность того, чтобы въ n+1 кристаллахъ согласіе между направленіями было случайно, есть n—степень 1/2. Такъ если при изслѣдованіи 14 кристалловъ будетъ от-

---

1) Кирхгофъ, Изслѣдованія о солнечномъ спектрѣ. Англійскій пер. Роско, с. 18, 19.

крыто въ каждомъ такое же отношеніе между явленіями, то шансы того, что это происходитъ отъ одинаковыхъ условій составляютъ болѣе 8,000 къ 1 [1]). Съ тѣхъ поръ какъ первыя наблюденія объ этомъ были сдѣланы въ 1820 г., не наблюдалось исключеній, такъ что вѣроятность неизмѣнной связи неисчислимо велика.

Чрезвычайно вѣроятно, что древніе египтяне точно записывали затмѣнія, случившіяся въ теченіи длинныхъ періодовъ времени, потому что Діогенъ Лаэрцій упоминаетъ, что было наблюдаемо 373 солнечныхъ и 832 лунныхъ затмѣній, и отношеніе между этими числами въ точности выражаетъ то отношеніе, которое на астрономическихъ основаніяхъ оказывается вѣрнымъ для затмѣнія всякаго продолжительнаго періода, напр. 1,200 или 1,300 лѣтъ. Очевидно, что согласіе между малыми числами или обычными числами, каковы 7, 100, миріада и проч. гораздо вѣроятнѣе считать случайнымъ и значитъ мало вѣроятности въ пользу зависимости между ними. Если два древніе писателя говорятъ о принесеніи въ жертву быковъ, то по всей вѣроятности они разумѣютъ гекатомбу, и потому нѣтъ ничего удивительнаго, если бы они сошлись въ числѣ быковъ. Но нельзя указать никакого частнаго основанія, почему старый писатель выбралъ бы такія числа, какъ 373 и 832, если не принять, что они были результатомъ его наблюденія.

На подобныхъ же основаніяхъ мы должны неизбѣжно вѣрить, что людямъ обязаны своимъ происхожденіемъ кремневые ножи, находимые въ послѣднее время въ такомъ изобиліи. Потому что хотя случайный ударъ одного кремня о другой и можетъ иногда давать плоскіе правильные куски, какіе иногда попадаются на берегу моря, однако когда многіе кремневые ножи встрѣчаются въ такомъ близкомъ сосѣдствѣ, и каждый изъ нихъ носитъ на себѣ слѣды не одного только, но нѣсколькихъ послѣдовательныхъ ударовъ произведшихъ симметрическую, похожую на ножъ, форму, то вѣроятность естественнаго и случайнаго происхожденія становится невообразимо малой и противоположное предположеніе, что они дѣло разумныхъ существъ, становится приблизительно достовѣрнымъ [2]).

Теорія вѣроятности въ астрономіи.

Астрономія, занимающаяся простыми отношеніями разстоянія, величины и движенія небесныхъ тѣлъ, допускаетъ гораздо легче, чѣмъ почти всякая другая наука, интересныя заключенія, основанныя на теоріи вѣроятности. Болѣе столѣтія назадъ, въ 1767 г., Мичель указалъ на крайнюю вѣроятность связи, соединяющей вмѣстѣ системы звѣздъ. Онъ былъ пораженъ неожиданнымъ числомъ звѣздъ, которыя имѣли сопутниковъ весьма близкихъ къ нимъ. Такое соединеніе могло совершиться случайно относительно звѣзды, хотя можетъ быть и находящейся на большомъ разстояніи отъ другой звѣзды, но случайно оказавшейся на прямой линіи, идущей къ землѣ. Но вѣроятности противъ такого оптическаго соединенія, часто встрѣчающагося въ небесныхъ пространствахъ, были такъ велики, что Мичель утверждалъ существованіе нѣкоторой связи между многими изъ двойныхъ звѣздъ. Впослѣдствіи Струве вычислилъ, что шансы противъ того, чтобы какія нибуть двѣ звѣзды не менѣе седьмой величины случайно попадали на видимое разстояніе четырехъ секундъ одна отъ другой, составляютъ 9,570 противъ 1; и однакоже, когда сдѣлано было вычисленіе, тогда извѣстно было 91 такихъ случаевъ, а съ тѣхъ поръ были открыты еще многіе случаи. Было также извѣстно четыре случая тройныхъ звѣздъ; но все таки шансы противъ существованія какого нибудь такого соединенія были еще 473524 къ 1 [1]). Заключенія Мичеля вполнѣ подтвердились тѣмъ открытіемъ, что многія двойныя звѣзды связаны тяготѣніемъ.

---

[1]) Edinburgh Review, № 185, v. XCII. Iuly 1850, p. 32. Гершеля, Essays, p. 421. Trans. of the Cambridge Philos. Soc. v. I. p. 43.

[2]) Эвансъ, Ancient Stone Implements of Great Britain. London, 1872.

Мичель также изслѣдовалъ вѣроятность того, что 6 болѣе блестящихъ звѣздъ въ Плеядахъ сошлись случайно на такое близкое разстояніе. Считая число звѣздъ съ одинаковымъ или большимъ блескомъ въ 1500, онъ нашолъ, что шансы противъ случайнаго соединенія почти какъ 500,000 противъ 1. Распространяя этотъ же родъ аргумента на другія кучи звѣздъ, какъ напр. Презепе, туманность въ рукояти меча Персея, онъ говоритъ: «Мы можемъ заключить съ величаюшею вѣроятностью—между тѣмъ какъ шансы противъ противоположнаго мнѣнія суть многія милліоны милліоновъ къ единицѣ,—что звѣзды реально соединены въ кучи въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, гдѣ они образуютъ родъ системы, между тѣмъ какъ въ другихъ мѣстахъ ихъ или мало или вовсе нѣтъ, отъ какой бы причины это ни происходило, вслѣдствіе ли ихъ взаимнаго притяженія или вслѣдствіе какого нибудь другаго закона или повелѣнія Творца» [2]).

Вычисленія Митчеля были подвергнуты сомнѣнію Джемсомъ Форбесомъ [3]) и Тодгунтеръ въ общихъ чертахъ поддерживаетъ его возраженія [1]), а иначе я не придалъ бы имъ большаго вѣса. Но Лапласъ несомнѣнно раздѣлялъ взгляды Мичеля [2]), и если Мичель ошибался, то въ методахъ вычисленія, а не въ общемъ ходѣ его сужденій и умозаключеній.

---

[1]) Гершель, Outlines of Astronomy, 1849, p. 565; но Тодгунтеръ въ своей History of the Theory of Probability, p. 355, утверждаетъ, что эти вычисленія несогласны съ публикованными Струве.

[2]) Phil. Trans. 1767. v. LVII. p. 431.

[3]) Phil. Mag. 3 ser. v. XXXVII p. 401. Decem. 1850; Aug. 1849.

Подобныя же вычисленія могутъ быть примѣнены къ особеннымъ скучивающимъ движеніямъ, которыя были открыты Прокторомъ въ нѣкоторыхъ созвѣздіяхъ [3]). Вообще шансы весьма велики противъ предположенія, чтобы какая нибудь многочисленная группа звѣздъ двигалась вмѣстѣ по одному направленію случайно. На подобныхъ же основаніяхъ не можетъ быть сомнѣнія въ томъ, что солнце имѣетъ значительное собственное движеніе, потому что всѣ почти звѣзды обнаруживаютъ признаки видимаго движенія отъ одной точки неба къ діаметрально противоположной ей. Движеніе солнца въ противоположномъ направленіи можетъ объяснить это видимое движеніе, а иначе мы должны были бы думать, что тысячи звѣздъ случайно сошлись въ направленіи ихъ движенія или увлекаются какою нибудь общею силою, которая однако не дѣйствуетъ на солнце. Нужно замѣтить, что вращеніе земли было доказано такимъ же образомъ, потому что несравненно вѣроятнѣе то, что вращается одно тѣло, чѣмъ то, что солнце, луна, планеты, кометы и вся совокупность звѣздъ на небѣ обходятъ вокругъ земли каждые сутки съ равномѣрнымъ движеніемъ и при этомъ каждое тѣло имѣетъ еще свои особенныя движенія. Это соображеніе было главнымъ основаніемъ, которое заставило Джильберта, одного изъ раннихъ англійскихъ послѣдователей Коперника и кромѣ того удивительнаго физика, признать вращеніе земли, между тѣмъ какъ Френсисъ Беконъ отрицалъ его.

При разсматриваніи планетной системы насъ поражаетъ одинаковость въ направленіи почти всѣхъ ея движеній. Ньютонъ указалъ на правильность и однообразіе этихъ движеній и сопоставилъ ихъ съ эксцентричностью и неправильностью кометныхъ орбитъ [4]). Въ самомъ дѣлѣ, если бы мы взглянули на систему съ сѣверной стороны, то увидѣли бы, что всѣ планеты движутся кругомъ съ запада къ востоку, а спутники движутся вокругъ своихъ планетъ въ томъ же направленіи съ немногими исключеніями во всей системѣ. Во времена Лапласа были извѣстны 11 планетъ и направленіе вращенія было извѣстно для солнца, 6 планетъ, спутниковъ Юпитера, кольца

---

[1]) History etc., p. 334.

[2]) Essai Philosoph., p. 57.

[3]) Proceed. of the R. Soc., 20 Jan., 1870; Philos. Mag., 4 ser. v. XXXIX. p. 381.

[4]) Principia, кн. II. Общее примѣчаніе.

Сатурна и одного изъ его спутниковъ. Такимъ образомъ извѣстно было 43 движенія, которыя всѣ были согласны между собою, именно:

Орбитныя движенія планетъ.	11
Орбитныя движенія 18 спутниковъ	18
Осевыя вращенія.	14
	43

Вѣроятность того, что 43 независимыя другъ отъ друга движенія совпали между собою случайно, есть 42 степень $^1/_2$, такъ что шансы въ пользу вѣроятности какой-нибудь одной общей причины этой одинаковости направленія составляютъ 4,400,000,000,000 къ 1. Эта вѣроятность, какъ замѣчаетъ Лапласъ 1), выше чѣмъ вѣроятность многихъ историческихъ фактовъ, которымъ вѣрятъ всѣ несомнѣнно. Въ настоящее время вѣроятность еще болѣе увеличилась вслѣдствіе открытія новыхъ планетъ и вращенія другихъ спутниковъ, и только немного уменьшилась вслѣдствіе того факта, что нѣкоторые изъ отдаленныхъ спутниковъ представляютъ исключенія изъ общаго направленія; но это объясняется случайнымъ возмущеніемъ въ отдаленныхъ частяхъ системы, въ пользу чего есть значительное доказательство.

Едва ли менѣе замѣчательна, чѣмъ одинаковость въ направленіи движенія, большая близость орбитъ планетъ къ одной общей плоскости. Даніилъ Бернулли грубо опредѣлилъ вѣроятность того, что это сходство произошло случайно, какъ $1 : (12)^6$, принимая наибольшее наклоненіе орбиты къ солнечному экватору въ $^1/_{12}$ часть четверти дуги. Лапласъ посвятилъ этому предмету самыя остроумныя изслѣдованія. Онъ нашелъ, что вѣроятность того, чтобы сумма наклоненій орбитъ случайно не превышала дѣйствительной величины (0,91487 прямаго угла для 10 планетъ, извѣстныхъ въ 1801 г.), есть $\left|\frac{1}{10}\right. (0{,}914187)^{10}$, или около 0,0000011235. Эта вѣроятность можетъ быть соединена съ тою, которая дается направленіемъ движенія, и тогда становится необыкновенно вѣроятнымъ, что строеніе планетной системы произошло отъ однородныхъ условій или, какъ мы бы выразились, отъ какой-нибудь общей причины 2).

Если бы такого же рода соображенія были примѣнены къ орбитамъ ко-

---

1) Essai philos. p. 55. Лапласъ повидимому считаетъ, что кольца Сатурна имѣютъ два независимыя движенія.

2) Лоббокъ Essay on Probability, p. 14. Де Морганъ, Encycl. Metrop., art. Probability, p. 412. Тодгунтеръ, History of the Theory of Probability, p. 543. О возраженіяхъ, высказанныхъ противъ этихъ заключеній Булемъ, см. Philos. Mag., 4 ser. v. II, p. 98. Буль, Laws of Thought, p. 364—375.

метъ, то результатъ получился бы совершенно иной [1]). Изъ орбитъ, которыя были опредѣлены, только 48,9 процента согласны по направленію съ планетными движеніями [2]). Поэтому кажется, что кометы собственно не относятся къ солнечной системѣ и вѣроятно, что они представляютъ разсѣянныя части туманнаго вещества, которыя случайно попали въ солнечную систему вслѣдствіе притяженія солнца или Юпитера.

Общая обратная задача.

Въ примѣрахъ, приведенныхъ въ предшествующихъ параграфахъ, мы занимались тѣмъ, что отъ появленія извѣстныхъ подобныхъ явленій мы восходили къ вѣроятности того, что должно быть условіе или причина для такихъ явленій. Мы нашли, что теорія вѣроятности, хотя никогда не даетъ какого-нибудь достовѣрнаго результата, однако часто даетъ намъ возможность установить гипотезу выше всякаго резоннаго сомнѣнія. Есть однако другой методъ примѣненія теоріи, который представляетъ для насъ даже большій интересъ, потому что онъ самымъ полнымъ образомъ разъясняетъ теорію умозаключенія, которая принята въ этомъ сочиненіи и подала поводъ къ нему. Разрѣшаемая задача имѣетъ такой видъ:

Событіе случалось извѣстное число разъ и не случалось извѣстное число разъ; требуется найти вѣроятность того, что оно случится данное число разъ въ будущемъ при тѣхъ же обстоятельствахъ.

Всѣ *большія* планеты открытыя до сихъ поръ движутся въ одномъ направленіи вокругъ солнца; какова вѣроятность того, что если будетъ открыта новая планета дальше Нептуна, то она окажется движущеюся въ томъ же направленіи? Всѣ извѣстные постоянные газы, исключая хлора, безцвѣтны; какова вѣроятность того, что если будетъ открытъ какой нибудь новый постоянный газъ, то онъ будетъ безцвѣтнымъ? Рѣшая эту задачу, мы желаемъ заключить о будущемъ появленіи событія по числу разъ, сколько это событіе уже совершалось. При этомъ весьма любопытно то, что неизвѣстно ни одного процесса, посредствомъ котораго мы могли бы прямо переходить отъ данныхъ къ заключенію. Всегда нужно отъ данныхъ дойти до вѣроятности какой нибудь гипотезы и потомъ уже сдѣлать эту гипотезу основаніемъ нашего умозаключенія относительно будущихъ событій. Дѣйствительно математики составляютъ всякія гипотезы, которыя могутъ быть примѣнимы къ разрѣшаемому вопросу; затѣмъ они посредствомъ обратнаго метода вычисляютъ вѣроятность каждой такой гипотезы по имѣющимся даннымъ и вѣроятность того, что если каждая гипотеза вѣрна, то искомое событіе совершится. Итогъ вѣроятности, что событіе совершится, есть сумма отдѣльныхъ вѣроятностей, доставляемыхъ каждой отдѣльной гипотезой.

---

[1]) Лапласъ, Essai philos. p. 55, 56.

[2]) Чемберсъ, Astronomy. 2 ed. p. 346—49.

Для болѣе точнаго разъясненія метода рѣшенія задачи, было бы желательно взять какой нибудь конкретный случай, и балотировальный ящикъ, такъ часто употребляемый математиками, лучше всего годится для этой цѣли. Положимъ, что появленіе какого нибудь событія выражается выниманіемъ бѣлаго шара изъ балотировальнаго ящика, между тѣмъ какъ не появленіе его выражается выниманіемъ чорнаго шара. И вотъ по индуктивной задачѣ предполагается, что мы не знаемъ содержимаго балотировальнаго ящика и требуется вывести заключеніе объ этомъ содержимомъ на основаніи опытовъ надъ нимъ, состоящихъ въ послѣдовательныхъ выниманіяхъ изъ ящика. Грубый здравый смыслъ привелъ бы насъ очень близко къ вѣрному заключенію. Такъ если бы мы вынули одинъ за другимъ 20 шаровъ, опуская снова въ ящикъ каждый вынутый шаръ, и если бы каждый разъ вынимался бѣлый шаръ, то мы подумали бы, что въ ящикѣ значительно преобладаютъ бѣлые шары и что есть вѣроятность въ пользу вынутія бѣлаго шара въ слѣдующій разъ. Хотя бы мы вынимали бѣлый шаръ тысячу разъ и при этомъ не было ни одного исключенія, однако всетаки возможно, что въ ящикѣ есть нѣсколько черныхъ шаровъ и что они наконецъ показались бы, такъ что наши заключенія никогда не могутъ быть достовѣрными. Съ другой стороны если бы въ промежуткахъ выходили черные шары, то мы должны были бы ожидать, что послѣ нѣсколькихъ разовъ черные шары снова станутъ появляться отъ времени до времени приблизительно съ одинаковою частотою.

Математическое рѣшеніе вопроса состоитъ только въ нѣсколько болѣе точномъ анализѣ того способа, которымъ пользуется обыкновенный здравый смыслъ. Если были вынуты 20 шаровъ и ни одного чернаго, то обыкновенный смыслъ скажетъ мнѣ, что всякая гипотеза, предполагающая въ ящикѣ значительный перевѣсъ черныхъ шаровъ надъ бѣлыми, невѣроятна; преобладаніе бѣлыхъ шаровъ есть болѣе вѣроятная гипотеза, и дѣлая дедуктивный выводъ изъ этой болѣе вѣроятной гипотезы, я ожидаю снова появленія бѣлыхъ шаровъ. Математикъ прямо приводитъ этотъ процессъ мышленія къ точнымъ цифрамъ. Принявши напр. гипотезу, что въ ящикѣ есть 99 бѣлыхъ и 1 черный шаръ, онъ можетъ вычислить вѣроятность того, что при этихъ обстоятельствахъ будутъ вынуты 20 бѣлыхъ шаровъ сряду; онъ такимъ образомъ получаетъ опредѣленную оцѣнку вѣроятности этой гипотезы и зная въ то же время вѣроятность слѣдующаго появленія бѣлаго шара, если таково содержаніе ящика, онъ соединяетъ эти вѣроятности и получаетъ точный отвѣтъ относительно вѣроятности того, что при этой гипотезѣ бѣлый шаръ снова явится. Но такъ какъ эта гипотеза есть только одна изъ многихъ возможныхъ, потому что отношеніе между бѣлыми и черными шарами можетъ быть 98 къ 2, 97 къ 3, или 96 къ 4 и т. д., то онъ долженъ повторить оцѣнку каждой такой возможной гипотезы. Чтобы представить вполнѣ наглядно методъ разрѣшенія задачи, я опишу въ слѣдующемъ параграфѣ весьма простой случай задачи, которая первоначально была придумана для этой цѣли Кондорсе, была принята также Лакруа 1) и оттуда перешла въ сочиненія Де-Моргана, Лоббока и другихъ.

Простой примѣръ обратной задачи.

Предположимъ, что намъ извѣстно, что балотировальный ящикъ содержитъ только четыре черныхъ или бѣлыхъ шара, но отношеніе между черными и бѣлыми намъ неизвѣстно. Когда шары вынимались съ вкладываніемъ опять назадъ, то бѣлый шаръ являлся всѣ раза за исключеніемъ одного; требуется опредѣлить вѣроятность того, что въ слѣдующій разъ явится бѣлый шаръ. Гипотезы, которыя можно составить относительно содержимаго ящика, ограничены въ числѣ и самое большее ихъ можетъ быть пять слѣдующихъ:

4 бѣлыхъ и 0 черныхъ шара.
3 » » 1 » »
2 » » 2 » »
1 » » 3 » »
0 » » 4 » »

Дѣйствительное появленіе черныхъ и бѣлыхъ шаровъ во время выниманій устраняетъ первую и послѣднюю гипотезы, такъ что остается разсмотрѣть только три.

Если ящикъ содержитъ три бѣлыхъ шара и одинъ черный, то вѣроятность появленія каждый разъ бѣлаго будетъ $\frac{3}{4}$, а чернаго $\frac{1}{4}$; такъ что наблюдавшееся сложное событіе, именно три раза бѣлый и одинъ разъ черный имѣетъ вѣроятность по изложенному правилу (стр. 197) $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{4}$. Но такъ какъ безразлично, въ какомъ порядкѣ вынимаются шары и черный шаръ можетъ вынуться первымъ, вторымъ, третьимъ или четвертымъ, то мы должны по-

---

1) Traité élémentaire du Calcul des Probabilités, 3 ed. 1833 p. 148.

множить это на 4, чтобы получить вѣроятность трехъ бѣлыхъ и одного чернаго въ какомъ бы то ни было порядкѣ и выходитъ $\frac{27}{64}$.

Принимая слѣдующую гипотезу двухъ бѣлыхъ и двухъ черныхъ шаровъ въ ящикѣ, мы получаемъ для той же вѣроятности количество $\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}\times 4$ или $\frac{16}{64}$; а изъ третьей гипозеты одного бѣлаго и трехъ черныхъ мы подобнымъ же образомъ выводимъ $\frac{1}{4}\times\frac{1}{4}\times\frac{1}{4}\times\frac{3}{4}\times 4$ или $\frac{3}{64}$. Поэтому, такъ какъ мы приняли первую, вторую или третью гипотезу, то вѣроятность, что послѣдуетъ указанный результатъ, есть $\frac{27}{64}$, $\frac{16}{64}$, и $\frac{3}{64}$. Но несомнѣнно, что та или другая изъ этихъ гипотезъ должна быть вѣрна, и ихъ абсолютныя вѣроятности пропорціональны вѣроятностямъ, что наблюдаемыя событія послѣдовали бы изъ нихъ (стр. 233). Все, что намъ остается сдѣлать, чтобы получить абсолютную вѣроятность каждой гипотезы, это измѣнить эти дроби одинаковымъ образомъ такъ, чтобы сумма ихъ была единица, выраженіе достовѣрности. Но такъ какъ $27 + 16 + 3 = 46$, то мы можемъ сдѣлать это раздѣливши и помноживши каждую дробь на 46. Поэтому вѣроятности первой, второй и третьей гипозеты будутъ

$$\frac{27}{46},\ \frac{16}{46},\ \frac{3}{46}.$$

Индуктивная часть задачи кончена, такъ какъ мы нашли, что вѣроятнѣе всего ящикъ содержитъ три бѣлыхъ и одинъ черный шаръ и указали точную вѣроятность всякаго возможнаго предположенія. Но теперь мы уже имѣемъ возможность употребить въ дѣло дедуктивное умозаключеніе и умозаключить о вѣроятности того, что выйдетъ при слѣдующемъ выниманіи, т. е. бѣлый шаръ. Потому что если ящикъ содержитъ три бѣлыхъ и одинъ черный шаръ, то вѣроятность вынутія бѣлаго шара есть конечно $\frac{3}{4}$, и такъ какъ вѣроятность того, что таково именно содержимое ящика, есть $\frac{27}{46}$, то сложная вѣроятность того, что содержимое таково и что въ слѣдующій разъ выйдетъ бѣлый шаръ, будетъ

$$\frac{27}{46}\times\frac{3}{4} \text{ или } \frac{81}{184}.$$

Далѣе вѣроятность того, что ящикъ содержитъ два бѣлыхъ и два чорныхъ, есть $\frac{16}{46}$ и при этихъ условіяхъ вѣроятность появленія бѣлаго шара есть $\frac{1}{2}$; поэтому вѣроятность появленія бѣлаго шара при этихъ условіяхъ есть

$$\frac{16}{46}\times\frac{1}{2} \text{ или } \frac{32}{184}.$$

Изъ третьяго предположенія мы подобнымъ же образомъ получаемъ вѣроятность

$$\frac{3}{46}\times\frac{1}{4} \text{ или } \frac{3}{184}.$$

Но такъ какъ можетъ быть вѣрна не больше какъ только одна гипотеза, то мы можемъ сложить вмѣстѣ эти отдѣльныя вѣроятности и найдемъ, что

$$\frac{81}{184}+\frac{32}{184}+\frac{3}{184} \text{ или } \frac{116}{184}$$

есть полная вѣроятность того, что при слѣдующемъ вынимaніи выйдетъ бѣлый шаръ при предполагаемыхъ условіяхъ и данныхъ.

Общее рѣшеніе обратной задачи.

Въ примѣрѣ обратнаго метода, описанномъ въ предъидущемъ параграфѣ, для простоты вычисленія предполагалось, что шаровъ въ балотировальномъ ящикѣ немного. Для того чтобы наше рѣшеніе могло примѣняться къ естественнымъ явленіямъ, мы должны дѣлать наши гипотезы насколько возможно менѣе произвольными. Если у насъ нѣтъ апріорнаго знанія объ условіяхъ разсматриваемаго явленія, то нѣтъ и границы разнообразію гипотезъ, которыя могутъ быть придуманы. Поэтому математики прибѣгаютъ къ самому обширному предположенію, какое только можетъ быть сдѣлано, именно что балотировальный ящикъ содержитъ въ себѣ безконечное число шаровъ; затѣмъ они варьируютъ пропорцію бѣлыхъ шаровъ относительно черныхъ постоянно, отъ самой малѣйшей до самой большой и вычисляютъ сложную вѣроятность, которая вытекаетъ изъ этого обширнаго предположенія.

Чтобы объяснить ихъ процедуру, вообразимъ, что вмѣсто безконечнаго числа балотировальный ящикъ содержитъ большое конечное число шаровъ напр. 1000. Тогда число бѣлыхъ шаровъ можетъ быть 1, 2, 3, 4 и т. д. до 999. Если предположить, что изъ ящика вынуты какъ прежде три бѣлыхъ шара и и одинъ черный, то конечно будетъ весьма малая вѣроятность того, чтобы это случилось съ ящикомъ, содержащимъ одинъ бѣлый шаръ и 999 черныхъ; такая же малая вѣроятность и того, чтобы изъ такого ящика въ слѣдующій разъ вышелъ бѣлый шаръ. Соединивши эти вѣроятности, мы получимъ вѣроятность того, что слѣдующій выходящій шаръ будетъ бѣлый при существованіи этой пропорціи шаровъ. Если будетъ два бѣлыхъ шара и 998 черныхъ, то вѣроятность будетъ больше и будетъ увеличиваться по мѣрѣ приближенія къ тому предположенію, что шары находятся въ пропорціи вынутыхъ шаровъ. Всего возможно 999 гипотезъ, и вычисленіе нужно произвести для каждой изъ нихъ и совокупность ихъ взять какъ конечный результатъ. Понятно, что чѣмъ больше становится число шаровъ въ ящикѣ, тѣмъ меньше становится абсолютная вѣроятность каждой гипотезы, но совокупный результатъ всѣхъ гипотезъ принимаетъ характетъ обширнаго средняго.

Если даже мы предположимъ, что шаровъ въ ящикѣ безконечное число, то возможныя пропорціи бѣлыхъ и черныхъ шаровъ будутъ также безконечны и вѣроятность дѣйствительнаго существованія каждой пропорціи также безконечно мала. Поэтому окончательный результатъ, что слѣдующій шаръ выйдетъ бѣлый, будетъ сумма безконечнаго числа безконечно малыхъ количествъ. Можетъ показаться невозможнымъ вычислить задачу, имѣющую безконечное число гипотезъ; но удивительные рессурсы интегральнаго исчисленія даютъ возможность сдѣлать это даже съ большею легкостью, чѣмъ если бы мы предположили большое конечное число шаровъ, и затѣмъ стали бы вычислять результаты. Я не стану описывать здѣсь тѣ пріемы, посредствомъ которыхъ Лапласу удалось наконецъ вполнѣ разрѣшить задачу. Они описаны въ нѣсколькихъ англійскихъ сочиненіяхъ, особенно у Де Моргана въ Treatise on Probabilities, въ Encycloроеdia Metropolitana и Тодгунтера въ History of the Theory of Probability. Нигдѣ еще такъ поразительно не обнаруживалась сокращающая способность математическаго анализа какъ здѣсь. Но я могу прибавить, что хотя интегральное исчисленіе употребляется какъ средство для суммированія безконечно многочисленныхъ результатовъ, но и приэтомъ соблюдаются принципы комбинацій уже указанные нами. Мы вычисляемъ величины безконечно многочисленныхъ факторіаловъ, не получая ихъ дѣйствительныхъ произведеній, для выраженія которыхъ потребовался бы безконечный рядъ цифръ, но получая окончательный отвѣтъ на задачу посредствомъ пріемовъ, которые могутъ быть поняты только послѣ изученія интегральнаго исчисленія.

Можно согласиться съ тѣмъ, что гипотеза принятая Лапласомъ до нѣкоторой степени произвольна, такъ что было нѣкоторое основаніе для сомнѣнія возбужденнаго противъ нея Булемъ.[1] Но на эти сомнѣнія можно возразить 1) что предположеніе безконечнаго числа шаровъ вводимое въ процессѣ Лапласа менѣе произвольно и болѣе понятно, чѣмъ всякое другое, какое можно придумать. 2) Результатъ не много разнится отъ того, который получается при предположеніи какого нибудь конечнаго числа шаровъ. 3) Предположеніе ведетъ къ ряду простыхъ формулъ, которыя легко могутъ быть примѣнены во многихъ случаяхъ и которыя носятъ на себѣ видъ истины, насколько можно судить съ точки зрѣнія здраваго практическаго смысла.

При разрѣшеніи задачи описанной въ предыдущемъ параграфѣ мы получаемъ слѣдующій рядъ простыхъ правилъ.

1) Чтобы найти вѣроятность того, что событіе, несовершеніе котораго до сихъ поръ еще не было наблюдаемо, совершится еще разъ, нужно раздѣ-

---

[1] Laws of Thought, p. 368—375.

лить число случаевъ, когда явленіе было наблюдаемо, увеличенное 1 на то же число увеличенное 2.

Если было m случаевъ, когда наблюдаемо было появленіе извѣстнаго событія и если оно совершалось во всѣхъ этихъ случаяхъ, тогда вѣроятность того, что оно появится при слѣдующемъ случаѣ такого рода, будетъ $\frac{m+1}{m+2}$. Напр. мы можемъ сказать, что есть девять мѣстъ, гдѣ могли бы существовать планеты согласно съ закономъ разстоянія Боде, и въ каждомъ такомъ мѣстѣ дѣйствительно есть планета повинующаяся болѣе или менѣе точно указанному закону, хотя неизвѣстно никакого основанія для такого совпаденія. Поэтому вѣроятность того, что дальнѣйшая планета за Нептуномъ будетъ согласоваться съ этимъ закономъ, есть $\frac{10}{11}$.

2) Чтобы найти вѣроятность того, что событіе, отсутствіе котораго до сихъ поръ ни разу не замѣчалось, не будетъ отсутствовать и въ извѣстномъ числѣ новыхъ случаевъ, нужно раздѣлить число случаевъ, когда событіе являлось, увеличенное 1 на то же самое увеличенное 1 и числомъ разъ, какое оно должно случиться.

Событіе случалось m разъ и ни разу не замѣчено было его отсутствія; вѣроятность того, что оно случится еще n разъ есть $\frac{m+1}{m+n+1}$. Такъ вѣроятность того, что три новыя планеты будутъ слѣдовать закону Боде есть $\frac{10}{13}$; но нужно сознаться, что этотъ, также какъ и предшествующій результатъ, много ослабляются тѣмъ фактомъ, что о Нептунѣ можно еще только приблизительно говорить, что онъ повинуется этому закону.

3) Событіе совершалось и отсутствовало извѣстное число разъ; чтобы найти вѣроятность того, что оно случится въ слѣдующій разъ, нужно раздѣлить число разъ, когда событіе случалось, увеличенное 1 на все число разъ, когда событіе случалось и отсутствовало, увеличенное 2.

Если событіе случалось m разъ и отсутствовало n разъ, то вѣроятность того, что оно совершится при слѣдующемъ случаѣ есть $\frac{m+1}{m+n+2}$. Такъ если мы предположимъ, что изъ элементовъ открытыхъ до 1873 г. 50 металлы и 14 не металлы, то вѣроятность того, что слѣдующій вновь открытый элементъ будетъ металлъ, есть $\frac{51}{66}$. Далѣе такъ какъ изъ 37 достаточно изслѣдованныхъ металловъ только четыре, именно калій, натрій, лантанъ и литій имѣютъ плотность меньше воды, то вѣроятность того, что слѣдующій вновь открытый или точно изслѣдованный металлъ будетъ легче воды, есть $\frac{4+1}{37+2}$ или $\frac{5}{39}$.

Въ болѣе общей формѣ мы можемъ выразить результаты этого метода такъ. Если при данныхъ обстоятельствахъ извѣстныя событія, A, B, C и проч. случались каждое m, n, p и проч. разъ и то или другое изъ этихъ событій должно случиться, то вѣроятности этихъ событій пропорціональны $m+1$, n + 1, p + 1 и проч., такъ что вѣроятность A будетъ $\frac{m+1}{m+1+n+1+p+1+\text{ и проч.}}$ Но если можетъ случиться новое событіе въ дополненіе къ тѣмъ, которыя наблюдались, то мы должны прибавить единицу для вѣроятности такого новаго событія. Тогда шансы будутъ 1 для новаго событія, m+1 для A, n+1 для B и т. д., и абсолютная вѣроятность A будетъ $\frac{m+1}{1+m+1+n+1+\text{ и проч.}}$

Интересно прослѣдить различныя вѣроятности по этимъ правиламъ. Когда случайное событіе совершается въ первый разъ, то шансъ, что оно случится еще, есть 2 къ 1; если же оно случится во второй разъ, то шансъ, что оно случится въ третій разъ, есть 3 къ 1; и при послѣдующихъ случаяхъ этого рода шансы будутъ 4, 5, 6, и проч. къ 1. Шансы конечно отличаются отъ вѣроятностей, которыя въ каждомъ случаѣ будутъ $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{5}$ и проч. Такъ когда кто нибудь первый разъ видитъ акулу и замѣчаетъ, что она сопровождается маленькою рыбою пилотомъ, то шансы будутъ 2 къ 1 или вѣроятность $\frac{2}{3}$, что слѣдующая акула будетъ сопровождаться тою же рыбою.

Если событіе случалось весьма большое число разъ, то вѣроятность того, что оно еще случится, почти приближается къ достовѣрности. Если мы предположимъ, что солнце всходило тысячу милліоновъ разъ, то вѣроятность, что оно еще взойдетъ, только на основаніи одного этого будетъ $\frac{1{,}000{,}000{,}000+1}{1{,}000{,}000{,}000+1+1}$. Но вѣроятность того, что оно будетъ восходить въ теченіи такого же продолжительнаго періода въ будущемъ, есть только $\frac{1{,}000{,}000{,}000+1}{2{,}000{,}000{,}000+1}$ или почти ровно $\frac{1}{2}$. А вѣроятность того, что оно будетъ восходить въ теченіи періода въ тысячу разъ большаго, есть только около $\frac{1}{1001}$. Урокъ, который мы должны извлечь изъ этихъ цифръ, почти тотъ же, къ какому мы пришли на другихъ основаніяхъ, именно, что опытъ никогда не даетъ намъ достовѣрнаго знанія и что крайне невѣроятно, чтобы событія всегда совершались такъ, какъ мы ихъ наблюдаемъ теперь. Де Морганъ говоритъ: «никакой конечный опытъ не даетъ намъ права утверждать, что будущее будетъ совпадать съ прошедшимъ во все будущее время, или что есть какое нибудь основаніе для такого заключенія». Но съ другой стороны мы пріобрѣтаемъ увѣренность, что достаточно широкій и продолжительный опытъ даетъ намъ знаніе будущихъ событій съ безграничною степенью вѣроятности, только бы въ эти событія не вторгалось какое нибудь произвольное вмѣшательство.

Но нужно особенно замѣтить, что всѣ эти вѣроятности основываются только на случаяхъ появленія событій, независимо отъ какого нибудь знанія, происходящаго изъ другихъ источниковъ, относительно этихъ событій или общихъ законовъ природы. Все наше знаніе природы основывается такимъ же образомъ на наблюденіи и потому только вѣроятно. Но когда извѣстное число фактовъ, наблюдавшихся при самыхъ различныхъ обстоятельствахъ, согласно подходятъ подъ предполагаемый законъ природы, то вѣроятность закона близко подходитъ къ достовѣрности. Каждая наука основывается на столь многихъ фактахъ добытыхъ наблюденіемъ и находитъ себѣ такъ много поддержки въ аналогіи и связяхъ съ другими науками, что есть сравнительно мало случаевъ, гдѣ бы наше сужденіе о вѣроятности событія зависѣло всецѣло отъ немногихъ предшествующихъ событій, несвязанныхъ съ общею массою физической науки.

Кромѣ того событія могутъ представлять такую правильность, последовательность или такой преобладающій характеръ, которыхъ не можетъ принять въ соображеніе простая формула. Напр. большинство элементовъ недавно открытыхъ составляютъ металлы, такъ что вѣроятность того, что слѣдующій новый элементъ будетъ металлъ, несравненно больше чѣмъ мы вычислили выше. Въ наиболѣе отдаленныхъ частяхъ планетной системы есть признаки возмущенія, которые не позволяютъ намъ много полагаться на какія нибудь умозаключенія отъ преобладающаго порядка извѣстныхъ планетъ къ порядку неоткрытыхъ, которые можетъ быть находятся на большихъ разстояніяхъ. Эти и подобныя усложненія никакимъ образомъ не ослабляютъ теоретической истины формулъ, но дѣлаютъ только ихъ здравое примѣненіе гораздо болѣе труднымъ.

Противъ теоріи вѣроятности были сдѣланы ошибочныя возраженія, состоящія въ томъ, что мы не должны довѣрять нашимъ апріорнымъ соображеніямъ о вѣроятности того, что можетъ случиться, но должны всегда стараться получить точныя опытныя данныя для нашего руководства ¹). Но этотъ совѣтъ вполнѣ согласенъ съ теоріей, которая представляетъ собою лучшаго и единственнаго руководителя, какія бы данныя мы ни имѣли. Мы должны всегда примѣнять обратный методъ вѣроятностей, такъ чтобы принимать въ соображеніе всякое добавочное свѣдѣніе. Когда мы бросаемъ монету въ первый разъ, то мы совсѣмъ не знаемъ, какъ она упадетъ, орломъ или рѣшеткой и потому мы должны предполагать вѣроятность каждаго событія какъ $1/2$. Но если она въ первый разъ упадетъ орломъ, то мы имѣемъ уже весьма слабое опытное доказательство въ пользу тенденціи падать орломъ. Шансъ двухъ орловъ теперь нѣсколько больше чѣмъ на $1/4$, противъ того какъ онъ казался въ первый разъ ²) и по мѣрѣ того, какъ мы продолжаемъ бросать монету разъ за разомъ, вѣроятность появленія орла постоянно измѣняется въ легкой степени, согласно характеру нашего предшествующаго опыта. Какъ замѣчаетъ Лапласъ, мы должны всегда обращать вниманіе на такія же соображенія въ обыкновенной жизни.

---

¹) Милль, System of Logic, 5 ed. b. III, ch. XVIII, § 3.

²) Тодгунтеръ, History, p. 472, 598.

События, если поближе всмотрѣться въ нихъ, едва ли окажутся совершенно независимыми, и малѣйшій перевѣсъ въ ту или другую сторону уже есть нѣкоторое доказательство связи между ними, и за отсутствіемъ лучшаго доказательства должно быть принимаемо въ соображеніе.

Великій предметъ опредѣленія вѣроятности будущихъ событій по прошедшему опыту кажется занималъ Якова Бернулли и Де Муавра, по крайней мѣрѣ таково было мнѣніе Кондорсе; а о Бернулли можно сказать, что онъ разрѣшилъ одинъ случай задачи ¹). Однако несомнѣнно, что англійскіе писатели Бейесъ и Прайсъ первые дали особыя правила по этому предмету ²). Кондорсе и многіе другіе знаменитые математики составляли математическую теорію этого предмета; но безсмертному Лапласу суждено было посвятить этому предмету всю силу своего генія и довести рѣшеніе задачи почти до совершенства. Поучительно видѣть, какъ теорія, возникшая первоначально изъ простыхъ игръ, правила и самое названіе которыхъ забыты, постепенно развилась до того, что охватила самыя возвышенныя проблемы науки и наконецъ взялась опредѣлить значеніе и достовѣрность всѣхъ нашихъ индукцій.

Случайныя совпаденія.

Но изученіе теоріи вѣроятностей не вполнѣ достигло бы своей цѣли, если бы мы стали думать, что она даетъ намъ безошибочное руководство. Сама теорія указываетъ на приблизительную достовѣрность того, что насъ могутъ вводить въ заблужденіе необыкновенныя случайныя совпаденія. Нѣтъ столь крайней счастливой случайности, чтобы она когда-нибудь не явилась, и она можетъ случиться съ нами или въ наше время, также какъ и съ другими, или въ другое время. Совершенно правильное вычисленіе можетъ заставить насъ отнести такія совпаденія къ необходимой причинѣ, и однако же мы можемъ оказаться въ заблужденіи. Все, на что можетъ претендовать вычисленіе вѣроятности, это дать результатъ въ длинномъ рядѣ случаевъ, что собственно значитъ въ безконечномъ числѣ случаевъ. Въ теченіи какого нибудь конечнаго опыта, какъ бы онъ ни былъ продолжителенъ, случайности могутъ быть противъ насъ. Но тѣмъ не менѣе теорія есть самое лучшее руководство, какое мы можемъ имѣть. Если мы всегда будемъ мыслить и дѣйствовать согласно съ ея правильно истолкованными указаніями, то будемъ имѣть наилучшіе шансы избѣжанія ошибокъ; и если бы всѣ люди во всякое время также повиновались теоріи, то несомнѣнно, что они были бы въ большой выгодѣ.

---

¹) Тодгунтеръ, History, p. 378—79.

²) Phil. Trans. 1763, v. LIII, p. 370 и 1764, v. LIV, p. 296. Тодгунтеръ, p. 294—300.

Нельзя дать никакого правила для отличенія тѣхъ совпаденій, которыя случайны, отъ тѣхъ, которыя составляютъ послѣдствіе закона. Подъ случайнымъ совпаденіемъ мы разумѣемъ согласіе между событіями, которыя однако возникаютъ вполнѣ независимо и отъ различныхъ причинъ или условій и которыя не всегда согласуются между собою. Это совершенно случайное совпаденіе, если монета, подбрасываемая различнымъ образомъ, всегда падаетъ одною и тою же стороною; но и здѣсь не было бы ничего случайнаго, если бы было какое-нибудь сходство въ движеніяхъ руки или въ высотѣ подбрасыванія, такъ что это могло бы производить или стремиться производить однообразный результатъ. Между безконечнымъ числомъ событій, предметовъ и отношеній мы очень легко можемъ случайно замѣтить случайныя совпаденія. Есть 7 интерваловъ въ октавѣ и нѣтъ ничего невѣроятнаго въ томъ, что можетъ быть и цвѣта спектра могутъ быть раздѣлены на такой же или подобный рядъ интерваловъ. И до сихъ поръ еще не рѣшено, основательно или нѣтъ это кажущееся совпаденіе, такъ поразившее Ньютона [1]); но вѣроятно вопросъ будетъ разрѣшенъ въ отрицательномъ смыслѣ.

Несомнѣнно, что то было случайное совпаденіе, которое древніе замѣтили между 7 гласными и 7 струнами лиры, между 7 плеядами и 7 вождями въ Ѳивахъ [2]). Случаи, связанные съ числомъ 7, постоянно вводили въ заблужденіе человѣческій умъ въ теченіи всего историческаго періода. Пиѳагоръ воображалъ существованіе связи между 7 планетами и 7 интервалами монохорда. Алхимики были неистощимы въ выведеніи умозаключеній изъ совпаденія въ числахъ 7 планетъ и 7 металловъ, не говоря уже о 7 дняхъ недѣли.

Было указано курьезное обстоятельство относительно размѣровъ земли, солнца и луны; діаметръ солнца почти какъ разъ въ 110 разъ больше діаметра земли, и почти въ такой же пропорціи среднее разстояніе земли больше діаметра солнца и среднее разстояніе луны отъ земли больше діаметра луны. Согласіе было до того близкое, что оно могло показаться болѣе чѣмъ случайнымъ; но его случайный характеръ достаточно доказанъ въ настоящее время тѣмъ фактомъ, что совпаденіе прекращается, когда мы возьмемъ исправленныя цифры размѣровъ для планетной системы.

Весьма многіе элементы имѣютъ атомные вѣса, которые повидимому представляютъ точныя кратныя вѣса водорода. Если это и не есть законъ, имѣющій распространиться на всѣ элементы, какъ предполагалъ Пру, то все-таки это очень замѣчательное совпаденіе. Но, какъ я уже замѣтилъ, мы не имѣемъ никакихъ способовъ безошибочно отличать случайныя совпаденія отъ тѣхъ, которыя указываютъ на производящую ихъ глубокую причину. Совпаденіе можетъ быть прочно само по себѣ или же оно должно подкрѣпляться какимъ-нибудь объясненіемъ или связью съ другими законами природы. Мало вниманія обращалось на совпаденія относительно размѣровъ солнца, луны и земли, потому что оно не было прочно само по себѣ и не имѣло видимой связи съ принципами физической астрономіи. Законъ Пру имѣетъ болѣе вѣроятности, потому что онъ привелъ бы строеніе элементовъ въ тѣсную связь съ атомистической теоріей, представляя ихъ составленными изъ одного простѣйшаго вещества.

---

[1]) Ньютонъ, Opticks. Bk. I, p. II. Prop. 3; Nature, v. I p. 286.

[2]) Аристотель, Метафизика, XIII. 6, 3.

Въ историческихъ и социальныхъ явленіяхъ совпаденія весьма часто оказываются случайными, хотя народъ всегда имѣетъ расположеніе смотрѣть на нихъ, какъ на нѣчто преднамѣренное и имѣющее какой-нибудь таинственный смыслъ. Если къ 1794, числу того года, когда палъ Робеспьеръ, мы прибавимъ сумму его цифръ, то получится 1815, годъ паденія Наполеона I; повтореніе того же дѣйствія даетъ 1830, годъ паденія Карла X. Французская палата депутатовъ въ 1830 состояла изъ 402 членовъ, изъ которыхъ 221 составляли партію, называвшуюся «La queue Robespierre», между тѣмъ какъ остальные, числомъ 181, назывались «Les honnêts gens». Если мы каждую букву возьмемъ какъ число, соотвѣтствующее ея мѣсту въ азбукѣ, то окажется, что сумма буквъ каждаго названія дастъ число членовъ каждой партіи.

Можно было бы привести множество такихъ совпаденій, иногда очень курьезныхъ; но вѣроятность противъ дѣйствительности ихъ громадна. Они должны быть приписаны случаю, потому что они не имѣютъ ни малѣйшей связи съ общими законами природы; но такія совпаденія имѣютъ часто большое вліяніе на людей, которые видятъ въ нихъ доказательство фатальности, управляющей человѣческими дѣйствіями независимо отъ обыкновенныхъ законовъ природы. Нужно замѣтить, что въ жизни можетъ представиться безконечное число случаевъ для какихъ-нибудь странныхъ совпаденій, такъ что есть вѣроятность, что когда нибудь можетъ случиться замѣчательное совпаденіе.

Въ дѣлахъ относящихся къ области суда мы всегда должны допускать вѣроятность появленія хоть изрѣдка необъяснимыхъ совпаденій. Римскіе юристы на этомъ основаніи не отвергали духовнаго завѣщанія, свидѣтельства на которомъ были снабжены одною и тою же печатью. Потому что свидѣтели могли употреблять каждый свою печать, но случайно ихъ печати могли оказаться одинаковыми. Извѣстно, что полный рядъ повидимому подавляющихъ уликъ иногда приводитъ къ ошибочному приговору и такъ какъ безусловная достовѣрность никогда недостижима, то каждый судъ долженъ основываться на вѣроятностяхъ высшей степени и въ извѣстной небольшой пропорціи случаевъ онъ почти неизбѣжно долженъ обвинять невинныхъ жертвъ замѣчательнаго стеченія обстоятельствъ ¹). Народныя сужденія обыкновенно основываются на вѣроятностяхъ гораздо низшей степени; и когда въ Никомидіи и въ спальнѣ Діоклетіана случился пожаръ два раза въ теченіи 15 дней, то народъ рѣшительно отказывался вѣрить, чтобы это произошло случайно. Римляне думали, что съ именемъ Sextus соединялась фатальность.

Semper sub Sextis perdita Roma fuit.

Самыя крайнія предосторожности не предотвращаютъ всякихъ случайностей. Для избѣжанія ошибокъ въ важныхъ вычисленіяхъ, они обыкновенно повторяются разными счетчиками; но извѣстенъ одинъ случай, когда три счетчика производили одни и тѣ же вычисленія мѣста звѣзды и каждый сдѣлалъ при этомъ совершенно одинаковую ошибку по какой-то непонятной причинѣ ²).

Резюме теоріи индуктивнаго умозаключенія.

Теорія индуктивнаго умозаключенія, изложенная въ этой и предшествующихъ главахъ, возникла вслѣдствіе изученія обратнаго метода вѣроятности; но она также имѣетъ много сходства съ такъ называемымъ дедуктивнымъ методомъ, описаннымъ Миллемъ въ его знаменитой «Системѣ Логики». Взгляды Милля на счетъ дедуктивнаго метода — вѣроятно самая оригинальная и цѣнная часть его трактата и я бы всецѣло приписалъ ему это ученіе, если бы я не нашелъ, что мнѣнія, высказанныя въ другихъ мѣстахъ его сочиненія, вполнѣ несовмѣстимы съ его теоріею этого метода. Такъ какъ это самый важный и трудный изъ всѣхъ предметовъ, подлежащихъ нашему обсужденію, то, чтобы помочь неполному развитію, какое я далъ ему здѣсь, я хочу резюмировать раздѣляемые мною взгляды на него.

Всякое индуктивное умозаключеніе есть только обратное примѣненіе дедуктивнаго умозаключенія. Обладая извѣстными частными фактами или явленіями, выраженными въ предложеніяхъ, мы придумываемъ какое-нибудь болѣе общее предложеніе, выражающее существованіе закона или причины; и выводя частные результаты изъ этого предполагаемаго общаго предложенія, мы наблюдаемъ, согласуются ли они съ имѣющимися фактами. Значитъ всегда употребляется гипотеза сознательно или безсознательно. Единственное условіе, съ

---

¹) См. Уильсъ Circumstantial Evidence, p. 148.

²) Memoirs of the Royal Astronomical Society, v. IV, p. 290; цитировано у Ларднера, Edinburgh Review, July 1834, p. 278.

которымъ мы должны сообразоваться при составленіи какой бы то ни было гипотезы, состоитъ въ томъ, чтобы мы имѣли и употребляли въ дѣло способность умозаключать дедуктивно отъ гипотезъ къ частнымъ результатамъ, которые должны быть сравниваемы съ извѣстными фактами. Поэтому есть три стадіи въ процессѣ индукціи:

1) Составленіе какой-нибудь гипотезы относительно характера общаго закона.

2) Выводъ слѣдствій изъ закона.

3) Наблюденіе того, согласны ли слѣдствія съ частными фактами, подлежащими разсмотрѣнію.

Въ очень простыхъ случаяхъ обратнаго умозаключенія гипотеза можетъ казаться совершенно излишнею. Обращаясь опять къ числамъ для удобнѣйшаго разъясненія, я могу при первомъ же взглядѣ на слѣдующій рядъ чиселъ

1, 2, 4, 8, 16, 32 и проч.,

узнать сейчасъ же, что общій законъ ихъ есть геометрическая прогрессія; мнѣ нѣтъ надобности прибѣгать къ послѣдовательнымъ пробованіямъ различныхъ гипотезъ, потому что я уже знакомъ съ этимъ рядомъ и уже давно знаю, отъ какой общей формулы онъ происходитъ. Подобнымъ же образомъ математикъ знакомится съ интегралами нѣсколькихъ обыкновенныхъ формулъ, такъ что ему нѣтъ надобности употреблять какой-нибудь процессъ для ихъ нахожденія. Но тѣмъ не менѣе остается вѣрнымъ и то, что вездѣ, гдѣ предварительное умозаключеніе не даетъ намъ знанія, должны быть составляемы и пробуемы гипотезы (стр. 124).

Бываетъ два случая, смотря по тому, допускаетъ ли природа предмета достовѣрное или только вѣроятное дедуктивное умозаключеніе. Конечно достовѣрность есть только отдѣльный случай вѣроятности и общіе принципы процедуры всегда одни и тѣ же. Но тѣмъ не менѣе, когда возможна достовѣрность умозаключенія, тогда процессъ упрощается. Изъ нѣсколькихъ взаимно несовмѣстныхъ гипотезъ, результаты которыхъ могутъ быть сравниваемы съ фактами, въ концѣ концовъ можетъ удержаться только одна. Такъ и въ обратной логической задачѣ два логически отличныя условія не могутъ дать одинаковыхъ серій возможныхъ комбинацій. Поэтому въ случаѣ двухъ терминовъ намъ предстоитъ выбирать одно изъ шести разнаго рода предложеній (стр. 135), а при трехъ терминахъ нашему выбору подлежатъ 192 возможныя различныя гипотезы (стр. 138). Однако естественные законы часто имѣютъ количественный характеръ и тогда возможныхъ гипотезъ можетъ быть безчисленное множество.

Когда дедукція достовѣрна, тогда сравненіе съ фактомъ нужно только для того, чтобы намъ убѣдиться въ томъ, что мы правильно выбрали гипотетическія условія. Законъ устанавливается и какое угодно число частныхъ повѣрокъ ничего не прибавляетъ къ его достовѣрности. Разъ мы вывели дедуктивно изъ принциповъ алгебры, что разность квадратовъ двухъ чиселъ равна произведенію ихъ суммы и разности, и тогда уже никакое число частныхъ повѣрокъ этой истины не сдѣлаетъ ея болѣе достовѣрною. И съ другой стороны никакое конечное число частныхъ повѣрокъ предполагаемаго закона не сдѣлаетъ этого закона достовѣрнымъ. Словомъ, достовѣрность принадлежитъ только дедуктивному процессу и показаніямъ нашего прямаго чувственнаго воспріятія; и такъ какъ условія природы не даются намъ чувственнымъ воспріятіемъ, то мы тогда только можемъ быть увѣрены въ вѣрности составленной нами гипотезы, когда изъ ограниченнаго числа возможныхъ гипотезъ мы выбираемъ одну ту, которая согласна съ фактами, подлежащими объясненію.

Въ геометріи и сродныхъ съ нею отрасляхъ математики дедуктивное умозаключеніе до очевидности достовѣрно и часто кажется, будто разсмотрѣніе одного чертежа даетъ намъ достовѣрное знаніе общаго положенія. Но въ дѣйствительности вся эта достовѣрность имѣетъ чисто гипотетическій характеръ. Нѣтъ сомнѣнія, что если бы мы могли удостовѣриться, что предлагаемый кругъ есть вѣрный и совершенный кругъ, тогда мы могли бы узнать навѣрное множество его геометрическихъ свойствъ. Но геометрическія фигуры суть физическіе предметы и чувства никогда не могутъ дать намъ достовѣрнаго понятія объ ихъ точныхъ формахъ. Фигуры, разсматриваемыя въ *Элементахъ* Эвклида, не дѣйствительныя, а воображаемыя и мы никогда не можемъ повѣрить на практикѣ заключеній, которыя мы съ увѣренностью выводимъ въ умозаключеніи. Затѣмъ возникаютъ вопросы о степени и вѣроятности.

Когда мы имѣемъ дѣло съ предметами, въ которыхъ дедукція только вѣроятна, тогда прекращается возможность принимать одну гипотезу съ исключеніемъ другихъ. Мы должны въ одно и то же время держаться всѣхъ возможныхъ гипотезъ и смотрѣть на каждую изъ нихъ съ степенью почтенія, пропорціональною ея вѣроятности. Мы проходимъ тѣ же стадіи, какъ и прежде.

1) Мы придумываемъ гипотезу.

2) Мы выводимъ вѣроятность разныхъ серій возможныхъ слѣдствій.

3) Мы сравниваемъ слѣдствія съ частными фактами и наблюдаемъ вѣроятность того, чтобы такіе факты совершились при гипотезѣ.

Указанные процессы должны быть произведены относительно каждой возможной гипотезы и затѣмъ абсолютная вѣроятность каждой дается посредствомъ принципа обратнаго метода (стр. 232). Какъ въ случаяхъ достовѣрности мы принимаемъ ту гипотезу, которая съ достовѣрностью даетъ требуемые результаты, такъ и здѣсь мы принимаемъ какъ наиболѣе вѣроятную ту гипотезу, которая съ наибольшею вѣроятностью даетъ результаты; но мы обязаны въ то же время держаться и всѣхъ другихъ гипотезъ съ степенями вѣроятности, пропорціональными вѣроятностямъ того, что они дали бы тѣ же результаты.

До сихъ поръ мы трактовали только о процессѣ, посредствомъ котораго мы переходимъ отъ спеціальныхъ фактовъ къ общимъ законамъ, о томъ обратномъ примѣненіи дедукціи, которое составляетъ индукцію. Но часто прямой методъ дедукціи комбинируется съ обратнымъ. Какъ только мы установили общій законъ, умъ быстро выводитъ изъ него слѣдствія. Въ геометріи кажется даже, какъ будто мы только изъ того, что одинъ равнобедренный треугольникъ есть равноугольный, заключаемъ, что и другой также. Но на дѣлѣ мы заключаемъ это не изъ того, что одинъ, но что они всѣ таковы. Геометрическія условія совершенно общи и на основаніи правила, которое называется иногда равенствомъ умозаключенія, все, что вѣрно объ одномъ равнобедренномъ треугольникѣ, по скольку онъ равнобедренный, то вѣрно и обо всѣхъ равнобедренныхъ треугольникахъ.

Подобнымъ же образомъ и во всѣхъ другихъ случаяхъ индуктивнаго умозаключенія, гдѣ намъ кажется, будто мы переходимъ отъ одного частнаго примѣра къ другому, мы на дѣлѣ употребляемъ тотъ же общій процессъ. Мы составляемъ гипотезу относительно логическихъ условій, при которыхъ могутъ случатся данные примѣры; мы вычисляемъ обратно вѣроятность этой гипотезы и соединяя эту вѣроятность съ вѣроятностью того, что новый примѣръ произошелъ бы изъ тѣхъ же условій, мы получаемъ абсолютную вѣроятность появленія новаго примѣра въ силу этой гипотезы. Но такъ какъ можетъ быть нѣсколько, много, или даже безконечное число взаимно несовмѣстимыхъ гипотезъ, то мы должны повторить вычисленіе для каждой такой возможной гипотезы и тогда сумма отдѣльныхъ вѣроятностей и будетъ полною вѣроятностью будущаго примѣра. Сложность этого процесса значительно уменьшается въ практикѣ вслѣдствіе того, что одна гипотеза можетъ быть почти достовѣрно вѣрною, а другіе гипотезы, хотя и возможныя, могутъ быть до такой степени невѣроятными, что ими можно пренебречь безъ замѣтной ошибки.

Когда мы не знаемъ рѣшительно ничего объ условіяхъ, отъ которыхъ происходятъ событія, то не можемъ составить и какой-нибудь вѣроятной гипотезы о способѣ ихъ происхожденія. Въ такомъ случаѣ мы должны обращаться къ общему рѣшенію проблемы, которое далъ Лапласъ и которое состоитъ въ томъ, чтобы допускать какъ равноправное всякое мыслимое отношеніе между благопріятными и неблагопріятными шансами для произведенія событія, и затѣмъ принимать собирательный результатъ какъ самый лучшій, какой только можетъ быть полученъ. Это рѣшеніе можетъ быть допущено только за отсутствіемъ всякихъ лучшихъ средствъ; но подобно другимъ результатамъ вычисленія вѣроятности оно можетъ оказать намъ помощь тамъ, гдѣ оканчивается знаніе и начинается незнаніе, и оно же предохраняетъ насъ отъ преувеличенныхъ мнѣній о томъ знаніи, какое мы имѣемъ. Общіе результаты рѣшенія согласны съ здравымъ смысломъ, именно, что чѣмъ чаще случается событіе, тѣмъ вѣроятнѣе, какъ общее правило, его появленіе въ слѣдующемъ случаѣ. Съ расширеніемъ опыта эта вѣроятность увеличивается, но въ то же время ослабѣваетъ вѣроятность того, что событія долгое время будутъ продолжать совершаться такъ, какъ они совершались прежде.

Мы теперь должны занятся изслѣдованіемъ теоріи индуктивнаго умозаключенія примѣнительно къ простымъ логическимъ или численнымъ отношеніямъ. Законы природы связаны со временемъ и пространствомъ, которые до безконечности дѣлимы. Какъ мы перешли отъ чистой логики къ численной логикѣ, такъ мы должны теперь перейти отъ вопросовъ непрерывнаго къ вопросамъ прерывающагося количества, требующаго новыхъ соображеній большей трудности. Поэтому прежде чѣмъ мы станемъ разсматривать то, какимъ образомъ великія индукціи и обобщенія физической науки разъясняютъ взгляды на индуктивное умозаключеніе, изложенные выше, мы должны на время сдѣлать перерывъ и обозрѣть тѣ средства, которыми мы располагаемъ для измѣренія и сравненія величинъ времени, пространства, массы, силы, количества движенія, энергіи и различныхъ обнаруженій ея въ движеніи, теплотѣ, электричествѣ, химическихъ процессахъ и другихъ явленій природы.

КНИГА III.

Методы измѣренія.

ГЛАВА XIII.

ТОЧНОЕ ИЗМѢРЕНІЕ ЯВЛЕНІЙ.

По мѣрѣ того, какъ физическая наука болѣе и болѣе совершенствуется, она становится болѣе и болѣе точной въ количественномъ отношеніи. Вопросы простаго логическаго факта впослѣдствіи разрѣшаются на вопросы степени, времени, разстоянія или вѣса. Силы, о существованіи которыхъ даже и не подозрѣвало одно поколѣніе, были ясно узнаны вторымъ поколѣніемъ и точно измѣрены третьимъ. Но однимъ изъ условій этого быстраго прогресса было изобрѣтеніе надлежащихъ инструментовъ измѣренія. Намъ нужно то, что Френсисъ Беконъ назвалъ instantiae citantes или evocantes (вызывающія), т, е. могущія сдѣлать мелкія явленія доступными для чувствъ, и кромѣ того еще то, что онъ назвалъ instantiae radii или curriculi (теченія), т. е. измѣряющіе инструменты. Поэтому введеніе новаго инструмента часто составляло эпоху въ исторіи науки. Деви говоритъ: «Ничто столько не содѣйствуетъ прогрессу знанія, какъ примѣненіе новаго инструмента. Не столько врожденныя умственныя способности человѣка въ различныя времена были причиною различныхъ успѣховъ ихъ трудовъ, сколько особенное свойство средствъ и искуственныхъ ресурсовъ, находившихся въ ихъ распоряженіи».

Однакоже при отсутствіи прогрессивной теоріи и аналитической способности будетъ безполезенъ самый точный инструментъ. Измѣряющіе аппараты и математическая теорія должны идти впередъ рука объ руку и сообразно той точности, съ какою теоретикъ можетъ предсказывать результаты, и экспериментаторъ можетъ точно сравнивать ихъ съ опытомъ. Скрупулезно точныя наблюденія Флемстида были надлежащимъ дополненіемъ къ большимъ математическимъ способностямъ Ньютона.

Каждая отрасль знанія начинается количественными понятіями весьма грубаго характера. При настоящемъ прогрессѣ любопытно оглянуться назадъ на дѣтство науки и сопоставить настоящіе методы съ прежними. Въ гринвичской обсерваторіи въ настоящее время сотая часть секунды не считается незначительной частью времени. Древніе халдеи, записывая солнечныя затмѣнія, указывали только часъ ихъ, а первые александрійскіе астрономы считали излишнимъ дѣлать различіе между краемъ и центромъ солнца. Со введеніемъ астролябіи Птолемей и позднѣйшіе александрійскіе астрономы могли опредѣлить мѣста небесныхъ тѣлъ съ точностью 10 минутъ градуса. Затѣмъ въ теченіи тринадцати вѣковъ мало было сдѣлано успѣховъ до того времени, пока Тихо Браге не сдѣлалъ перваго большаго шага къ точности не только тѣмъ что онъ употреблялъ лучшіе инструменты, но еще больше тѣмъ, что онъ перест̧алъ считать инструментъ вѣрнымъ. Дѣйствительно Тихо опредѣлилъ ошибки своего инструмента и дѣлалъ поправки въ своихъ наблюденіяхъ. Онъ также принималъ въ соображеніе дѣйствія атмосферной рефракціи, и ему удавалось часто достигать точности въ 60 разъ большей чѣмъ Птолемею. Однако Тихо и Гевеліусъ часто ошибались на нѣсколько минутъ при опредѣленіи мѣста звѣзды и былъ сдѣланъ большой прогрессъ Ремеромъ и Флемстидомъ, которые довели эту ошибку до секундъ. Брадлей, новый Гиппархъ, сдѣлалъ дальнѣйшія улучшенія и его ошибки въ прямомъ восхожденіи составляли, по Бесселю, меньше одной секунды времени, а ошибки въ склоненіи меньше 4 секундъ градуса. Въ настоящее время средняя величина ошибки одного наблюденія вѣроятно доведена только до половины или четверти того, что она была во время Брадлея; и дальнѣйшая крайняя точность достигается повтореніемъ наблюденій и ихъ искусной комбинаціей согласно съ теоріей ошибки. Нѣкоторыя изъ наиболѣе важныхъ постояныхъ, напр. нутація, были опредѣлены съ точностью до десятой части секунды градуса ¹).

Было бы интересно прослѣдить зависимость этого прогресса отъ введенія новыхъ инструментовъ. Астролябія Птолемея, телескопъ Галилея, маятники Галилея и Гюйгенса, микрометръ Горрокса, телескопическіе очки и микрометръ Гаскоина, пассажный инструментъ Ремера, квадрантъ Ньютона и Гадлея, ахроматическія чечевицы Доллонда, хронометръ Гаррисона и дѣлительная

---

¹) Бейли, British Association Catalogue of Stars, p. 7, 23.

машина Рамсдена,—таковы были нѣкоторыя изъ важнѣйшихъ приращеній къ астрономическимъ аппаратамъ. Результатъ этого тотъ, что мы въ настоящее время замѣчаемъ количества въ 300,000 или 400,000 разъ меньшія, чѣмъ во времена халдеевъ.

Также было бы интересно сравнить скрупулезную точность новыхъ тригонометрическихъ съемокъ съ грубымъ, но остроумнымъ пріемомъ Эратосфена опредѣлить разность въ широтѣ между Александріей и Сіенной или съ измѣреніемъ Норвуда градуса широты въ 1635. «Иногда я измѣрялъ, а иногда просто мѣрилъ шагами, говоритъ Норвудъ, и я думаю, что я близокъ къ истинѣ». Таковъ былъ зародышъ тѣхъ современныхъ геодезическихъ измѣреній, которыя опредѣлили размѣры земнаго шара съ точностью до нѣсколькихъ сотъ ярдовъ.

Въ другихъ отдѣлахъ науки изобрѣтеніе инструмента обыкновенно обозначало собою эпоху, если не дѣлало ея. Можно сказать, что наука о теплотѣ началась съ устройствомъ термометра и въ настоящее время была подвинута впередъ употребленіемъ термо-электрическаго столба. Химія создана была главнымъ образомъ введеніемъ въ нее вѣсовъ, которые представляютъ единственный примѣръ инструмента, сохранившаго въ существенныхъ чертахъ ту форму, въ какой онъ былъ въ первый разъ примѣненъ для научныхъ цѣлей Архимедомъ. Вѣсы никогда не были и едва ли могутъ быть усовершенствованы въ чемъ нибудь исключая подробностей конструкціи. Крутительные вѣсы, устроены Кулюмбомъ въ концѣ прошлаго столѣтія, скоро сдѣлались необходимостью во многихъ отрасляхъ изслѣдованія. Въ рукахъ Кавендиша и Бейли они дали опредѣленіе плотности земли; примѣненные къ гальванометру, они дали тонкое средство для измѣренія электрическихъ силъ, и сдѣлались необходимыми при термо-электрическомъ столбикѣ. Эти вѣсы состоятъ просто въ томъ, что на ниткѣ или тонкой проволокѣ вѣшается какая нибудь легкая палочка привязанная за середину. И имъ мы обязаны самыми тонкими изслѣдованіями въ теоріяхъ теплоты, электричества и магнетизма.

Хотя мы въ настоящее время можемъ замѣчать и считать милліонныя доли дюйма въ пространствѣ и милліонныя доли секунды во времени, однако не нужно упускать изъ виду и того факта, что въ нѣкоторыхъ научныхъ операціяхъ мы находимся еще въ положеніи халдеевъ. Не много времени прошло съ тѣхъ поръ, когда величины звѣздъ, разумѣя подъ нею количества свѣта посылаемыя звѣздою глазу наблюдателя, были опредѣляемы самымъ грубымъ образомъ и астрономъ причислялъ звѣзду къ той или другой *величинѣ* по грубому сравненію ея съ другими звѣздами той же величины. Серу Джону Гершелю мы обязаны попыткой ввести однообразный способъ измѣренія и выраженія, имѣющій нѣкоторое отношеніе къ настоящимъ фотометрическимъ величинамъ звѣздъ ¹). До изслѣдованій Бунзена и Роско надъ химическими дѣйствіями свѣта мы были лишены средства измѣрять живую силу свѣта; даже теперь эти методы хлопотливы и трудно сказать, опредѣляютъ ли они живую силу свѣта также, какъ и одно изъ его спеціальныхъ дѣйствій. Многія естественныя явленія едва только еще стали предметомъ измѣренія, каковы напряженность звука, явленія вкуса и обонянія, величина атомовъ, температура электрической искры или фотосферы солнца.

Поэтому думать, что количественная наука имѣетъ дѣло только съ точно измѣримыми количествами, было бы большой ошибкой, хотя это и самая обыкновенная ошибка. Когда мы разсматриваемъ явленіе, которое случается всегда или вовсе не случается, то имѣемъ дѣло съ неколичественнымъ явленіемъ, съ вопросомъ факта, а не степени; но гдѣ только вещь можетъ быть больше или меньше, или вдвое и втрое больше чѣмъ другая, гдѣ словомъ является отношеніе даже въ самой грубой формѣ, тамъ наука принимаетъ количественный характеръ. Численная точность есть душа науки, какъ выразился Гершель, и такъ какъ всѣ естественные предметы существуютъ въ пространствѣ и предполагаютъ молекулярныя движенія, измѣримыя по скорости и объему, то нѣтъ видимой границы дальнѣйшему расширенію количественной науки. Но читатель ни на одну минуту не долженъ предполагать, что такъ какъ мы становимся въ большую и большую зависимость отъ числа, то оставляемъ логическіе методы. Число, какъ я старался показать, имѣетъ логическое происхожденіе и количество есть только развитіе числа или аналогично ему.

Раздѣленіе предмета.

Общій предметъ количественнаго изслѣдованія можетъ быть раздѣленъ на нѣсколько частей. Мы сначала разсмотримъ находящіяся въ нашемъ распоряженіи средства для измѣренія явленій и значитъ для приведенія ихъ болѣе или менѣе въ такой видъ, чтобы ихъ можно было обрабатывать математически. Для этого потребуется анализъ принциповъ, на которыхъ основаны точные методы исчисленія, составляющіе предметъ остальной части этой главы. Но такъ какъ измѣреніе даетъ только отношенія, то въ слѣдующей главѣ мы должны разсмотрѣть установленіе единицы величинъ, въ терминахъ которой можно было бы выражать наши результаты. Такъ какъ каждое явленіе есть обыкновенно сумма нѣсколькихъ отдѣльныхъ качествъ, зависящихъ отъ раз-

---

¹) Outlines of Astronomy 4 ed. sec. 781, p. 522. Results of Observations at the Cape of Good Hope etc., p. 371.

личныхъ причинъ, то мы изслѣдуемъ дальше въ главѣ XV методы, посредствомъ которыхъ мы можемъ расчленять сложныя дѣйствія и относить каждую часть соединеннаго дѣйствія къ ея отдѣльной причинѣ.

Затѣмъ намъ остается въ слѣдующихъ главахъ разсмотрѣть количественную индукцію, собственно такъ называемую. Мы должны потомъ изслѣдовать обратный логическій методъ, какъ онъ представляется въ задачахъ гораздо высшей степени трудности, чѣмъ тѣ, которыя содержатъ предметы находящіеся въ простомъ логическомъ отношеніи и которыя не могутъ слиться одна съ другою посредствомъ сложенія или вычитанія.

Непрерывное количество.

Явленія природы большею частью обнаруживаются въ количествахъ, которыя увеличиваются или уменьшаются непрерывно. Если мы вникнемъ въ точный смыслъ непрерывнаго количества, то найдемъ, что его можно только опредѣлить какъ количество, которое дѣлимо безъ конца. Мы можемъ дѣлить миллиметръ на десять, на сто, на тысячу, на десять тысячъ частей и умственно по крайней мѣрѣ мы можемъ продолжать дѣленіе до безконечности. Поэтому всякое конечное пространство должно быть представляемо какъ состоящее изъ безконечнаго числа частей тоже безконечно малыхъ. Не допуская этого, мы не можемъ составить даже простѣйшихъ геометрическихъ понятій. Представленіе квадрата предполагаетъ представленіе стороны и діагонали, которыя, какъ прекрасно доказываетъ Эвклидъ въ 117 положеніи своей десятой книги, не имѣютъ общей мѣры 1), разумѣя конечной общей мѣры. Дѣйствительно несоизмѣримыя величины суть тѣ, которыя имѣютъ общей мѣрой только безконечно малое количество. Намъ можетъ показаться нѣсколько неожиданнымъ тотъ фактъ, что въ теоріи несоизмѣримыя количества встрѣчаются несравненно чаще, чѣмъ соизмѣримыя. Проведемъ наудачу какія нибудь двѣ линіи; крайне невѣроятно, чтобы они были соизмѣримы; такъ что соизмѣримыя количества, съ которыми мы имѣемъ дѣло въ практикѣ, суть только частные случаи среди несравненно большаго числа несоизмѣримыхъ случаевъ.

Однако практически мы считаемъ всѣ количества состоящими изъ наименьшихъ количествъ, какія могутъ быть воспринимаемы нашими чувствами при пособіи наилучшихъ измѣряющихъ инструментовъ. Пока не были изобрѣтены микроскопы достаточно было считать дюймъ состоящимъ изъ тысячи тысячныхъ частей; но теперь мы считаемъ его состоящимъ изъ милліона милліоныхъ. Мы можемъ избѣжать всякаго упоминанія о безконечно малыхъ количествахъ,

---

1) См. Де Морганъ, Study of Mathematics, въ U. K. S. Library, p. 81.

потому что мы никогда не доводимъ нашихъ приближеній дальше тѣхъ количествъ, которыя доступны нашимъ чувствамъ. Если бы мы такъ дѣйствовали и въ геометріи, то никогда бы не могли утверждать того, что два количества равны, но только то, что они *повидимому* равны. Лежандръ дѣйствительно и принялъ этотъ методъ разсужденія въ 20 положеніи первой книги его Геометріи; и онъ практически принятъ вездѣ въ физическихъ наукахъ, какъ мы увидимъ впослѣдствіи. Но хотя наши пальцы, чувства и инструменты и должны остановиться гдѣ-нибудь, однако нѣтъ основанія, почему бы долженъ былъ остановиться умъ. Мы видимъ, что доказательство, которое на дѣлѣ проведено только черезъ нѣсколько ступеней, можетъ быть ведено безгранично и это сознаніе, что нѣтъ мѣста для остановки, и придаетъ такую убѣдительность Эвклидову доказательству его 17 положенія. Тѣ самые методы приближенія, которые повидимому ограничиваются конечнымъ, умственно распространяются въ безконечность.

Результатъ этихъ соображеній тотъ, что мы не можемъ привести двухъ количествъ въ абсолютное равенство. Повѣсить гробъ Магомета между двумя совершенно равными магнитами теоретически мыслимо, но практически не возможно. Въ исторіи *о Венеціанскомъ купцѣ* мы видимъ крайнюю невѣроятность, именно чтобы возможно было вырѣзать совершенно точно опредѣленный кусокъ мяса. Неустойчивое равновѣсіе не можетъ существовать въ природѣ, потому что оно нарушается безконечно малымъ перемѣщеніемъ. Было бы возможно практически поставить яйцо на его конецъ, потому что поверхность яйца не имѣетъ совершенной кривизны. Но предположите, что скорлупа яйца совершенно гладкая, и это окажется невозможнымъ.

Ошибочныя указанія чувствъ.

Я могу только кратко напомнить читателю, до какой степени мало мы можемъ довѣрять нашимъ невооруженнымъ чувствамъ при опредѣленіи степени или величины какого нибудь явленія. Глазъ не можетъ опредѣлить сравнительнаго блеска двухъ свѣтящихся тѣлъ, которые очень разнятся по блеску; потому что мы знаемъ, что радужная оболочка постоянно аккомодируется къ напряжонности получаемаго свѣта и такимъ образомъ допускаетъ болѣе или менѣе свѣта смотря по обстоятельствамъ. Мѣсяцъ, который свѣтитъ ночью почти съ ослѣпительнымъ блескомъ, кажется блѣднымъ и почти незамѣтнымъ въ то время, когда на глазъ дѣйствуетъ гораздо сильнѣйшій дневной свѣтъ. Много было сообщаемо свѣдѣній относительно сравнительнаго блеска зодіакальнаго свѣта въ разныя времена; но было бы трудно доказать, что эти измѣненія не происходятъ отъ различной темноты въ разныя времена, или отъ ясности зрѣнія наблюдателя. На такомъ же основаніи чрезвычайно трудно установить существованіе какого нибудь измѣненія въ формѣ или въ сравнительномъ блескѣ туманностей; видъ туманности значительно зависитъ отъ ясности зрѣнія наблюдателя и отъ случайнаго состоянія бодрости или усталости его глаза. Тоже самое примѣняется и къ луннымъ наблюденіямъ; и даже употребленіе самаго лучшаго телескопа не устраняетъ этой трудности. Также и при сужденіи о цвѣтахъ мы должны помнить, что свѣтъ всякаго даннаго цвѣта стремится притупить чувствительность глаза къ свѣту того же цвѣта.

И о величинѣ нашъ глазъ не лучшій судья, когда ему не помогаютъ инструменты. Наши сужденія о величинѣ малыхъ блестящихъ точекъ, каковы напр. неподвижныя звѣзды, бываютъ совершенно невѣрны, такъ какъ глазъ вводится въ заблужденіе иррадіацiей. Тихо вычислялъ по видимой величинѣ звѣздныхъ дисковъ, что ни одна изъ главныхъ неподвижныхъ звѣздъ не могла бы умѣститься на площади земной орбиты. Но независимо отъ иррадіаціи и другихъ особыхъ причинъ, наше зрительное сужденіе о величинѣ и формахъ бываетъ часто поразительно не вѣрно. Артисты почти постоянно рисуютъ отдаленныя горы въ смѣшной диспропорціи съ ближайшими предметами, какъ это сразу показываетъ сравненіе рисунка съ фотографіей. Большое кажущееся различіе въ величинѣ солнца или луны, смотря потому, стоятъ ли они высоко на небѣ или близко къ горизонту, уже одно было бы достаточно для того, чтобы съ осторожностью относиться къ яснѣйшимъ показаніямъ нашихъ чувствъ, не поддерживаемымъ инструментальными измѣреніями. Что касается до показаній относительно высоты сѣвернаго сіянія и разстоянія метеоровъ, то къ нимъ нужно относиться съ крайнею недовѣрчивостью. Когда капитанъ Парри разсказываетъ, что лучъ сѣвернаго сіянія упалъ внезапно между нимъ и берегомъ, который находится на разстояніи только 3,000 ярдовъ, то мы можемъ думать, что это была просто иллюзія чувства [1]).

Правда и то, что ошибки наблюденія гораздо чаще бываютъ ошибками сужденія чѣмъ чувства. То, что мы дѣйствительно видимъ, видимъ вѣрно; и если мы правильно истолковываемъ смыслъ явленія, то ошибки быть не можетъ. Но слабость однихъ чувствъ какъ измѣряющихъ инструментовъ происходитъ отъ того факта, что они привносятъ измѣняющіяся условія неизвѣстнаго количества и мы не можемъ сдѣлать требуемыхъ поправокъ и ограниченій какъ при употребленіи постояннаго и неизмѣняющагося инструмента.

Беконъ прекрасно описалъ недостаточность чувствъ для опредѣленія величины предметовъ или открытія степеней, въ какихъ представляются явленія. «Вещи ускользаютъ отъ чувствъ, говоритъ онъ, потому что предметъ недостаточенъ по количеству, чтобы подѣйствовать на чувство, какъ напр. всѣ маленькія тѣла; потому что ударъ производимый предметомъ слишкомъ великъ, чтобы прочно удержаться въ чувствѣ, какъ напр. когда мы въ полдень прямо смотримъ на солнце; потому что время бываетъ непропорціонально съ дѣятельностью чувства, какъ напр. быстрое движеніе пули въ воздухѣ или быстрое круговое движеніе тлѣющей лучины, которыя ужъ слишкомъ быстры, или движеніе часовой стрѣлки, которое уже слишкомъ медленно; также это зависитъ отъ разстоянія предмета отъ наблюдателя, какъ напр. величина небесныхъ тѣлъ и величина и природа всѣхъ отдаленныхъ тѣлъ; отъ преобладанія другаго предмета, какъ напр. сильный запахъ дѣлаетъ незамѣтными всѣ другіе запахи въ той же комнатѣ; отъ загораживанія промежуточнымъ предметомъ, какъ напр. внутреннія части животнаго; и потому наконецъ что предметъ не можетъ производить впечатлѣнія на чувство, каковы напр. воздухъ или невидимый и неосязаемый духъ, который заключается въ каждомъ живомъ тѣлѣ».

---

[1]) Лумисъ, O the Aurora Borealis. Smithsonian Transactions, гдѣ цитировано Парри, Third Voyade, p. 61.

Сложность количественныхъ вопросовъ.

Приступая къ количественныхъ вопросамъ, мы можемъ кстати сдѣлать замѣчаніе относительно большаго разнообразія и обширности явленій представляющихся намъ. Пока мы имѣемъ дѣло съ простымъ логическимъ вопросомъ, этотъ вопросъ можетъ быть таковъ: совершается ли извѣстное явленіе?—или существуетъ ли извѣстный предметъ? Но какъ только мы видимъ, что предметъ или явленіе можетъ быть больше или меньше, сейчасъ же вопросъ развѣтвляется на нѣсколько вопросовъ. Мы должны теперь спрашивать: какъ оно велико сравнительно съ своей причиной? Измѣняется ли оно, когда измѣняется количество причины? Если да, то измѣняется ли въ томъ же направленіи или въ противоположномъ? Находится ли измѣненіе въ простомъ отношеніи къ измѣненію причины? Если же нѣтъ, то какой же будетъ болѣе сложный законъ связи? Этотъ законъ, удовлетворительно опредѣленный въ одномъ ряду обстоятельствъ, можетъ измѣняться при новыхъ условіяхъ и затѣмъ могутъ быть установлены дальше самыя сложныя отношенія многихъ качествъ.

Въ каждомъ вопросѣ физической науки есть такимъ образомъ серія ступеней, изъ которыхъ первыя одна или двѣ обыкновенно переходятся очень легко, между какъ послѣдующія требуютъ болѣе и болѣе тщательнаго измѣренія. Мы не можемъ составить какого нибудь неизмѣннаго рода вопросовъ, которые должны быть предлагаемы природѣ. Точный характеръ вопросовъ измѣняется смотря по природѣ случая; но они обыкновенно очевидны и мы можемъ легко разъяснить ихъ примѣрами. Предположимъ, что мы изслѣдуемъ раствореніе какой нибудь соли въ водѣ. Первый, чисто логическій вопросъ будетъ: есть ли вообще раствореніе или нѣтъ? Положимъ, что отвѣтъ получается утвердительный; тогда мы изслѣдуемъ дальше, измѣняется ли раствореніе съ температурой или нѣтъ? По всей вѣроятности нѣкоторое измѣненіе окажется и тогда мы должны искать отвѣта на дальнѣйшій вопросъ, увеличивается ли растворяющееся количество или уменьшается? Большая часть солей и всякаго рода веществъ лучше растворяются при высшей температурѣ воды, но есть не многія соли, напр. сѣрно-кислая известь, которыя слѣдуютъ противоположному правилу. Нѣкоторыя соли походятъ на сѣрнокислый натръ въ томъ, что дѣлаются болѣе растворимыми до извѣстной температуры и затѣмъ растворимость измѣняется въ противоположномъ направленіи. Затѣмъ намъ нужно изслѣдовать количество измѣненія сравнительно съ измѣненіемъ температуры, предположивши сначала, что возрастаніе растворимости пропорціонально возрастанію температуры. Обыкновенная соль представляетъ примѣръ не большаго измѣненія, а азотнокислое кали весьма значительнаго увеличенія съ температурой. Однако тщательныя наблюденія вѣроятно покажутъ, что простой законъ пропорціональнаго измѣненія только приблизительно вѣренъ, и затѣмъ могутъ быть установлены болѣе сложные законы требующіе второй, третьей и высшихъ степеней температуры. Всѣ эти изслѣдованія нужно произвести надъ каждою солью отдѣльно, потому что до сихъ поръ мы еще не имѣемъ особаго принципа, на основаніи котораго мы могли бы умозаключать отъ одного вещества къ другому. Остается еще обширное поле для дальнѣйшихъ изслѣдованій; потому что растворимость вѣроятно измѣняется съ давленіемъ, подъ которымъ находится среда; присутствіе другихъ уже растворенныхъ солей можетъ еще имѣть какое-нибудь неизвѣстное дѣйствіе. Произведенныя изслѣдованія относительно растворяющей способности воды должны быть повторены съ алкоголемъ, эфиромъ, сѣроуглеродомъ и другими растворителями, такъ что пока не будутъ открыты общіе законы, это одно явленіе растворенія никогда не можетъ быть исчерпано изслѣдованіемъ. Такого же рода вопросы возникаютъ и относительно растворенія или поглощенія газовъ жидкостями, причемъ давленіе равно какъ и температура имѣютъ самое рѣшительное дѣйствіе, и изслѣдованія Роско объ этомъ предметѣ представляютъ прекрасный примѣръ послѣдовательнаго опредѣленія различныхъ сложныхъ законовъ ¹).

---

¹) Уаттсъ Dictionary of Chemistry, v. II. p. 790.

Едва ли есть отрасль физической науки, въ которой бы не приходилось бороться съ подобными усложненіями. Конечно по вопросу о тяжести мы пришли къ окончательному закону, что сила одинакова для всѣхъ родовъ матеріи и измѣняется только съ разстояніемъ дѣйствія. Но въ другихъ предметахъ законы, хотя и простые по своей основной природѣ, но маскируются и усложняются въ своихъ видимыхъ результатахъ. Дѣйствіе теплоты расширяющее твердыя тѣла и обратное дѣйствіе растяженія и сжиманія на температуру тѣла измѣняется для каждаго вещества и еще смотря по тому, была ли исходная температура выше или ниже и вѣроятно слѣдуетъ въ высшей степени сложному закону, который въ нѣкоторыхъ случаяхъ даетъ отрицательные или исключительные результаты. Въ кристаллическихъ веществахъ тѣже изслѣдованія должны быть повторены въ направленіи каждой оси.

Въ наукахъ чистаго наблюденія, каковы астрономія, метеорологія и земной магнетизмъ мы встрѣчаемъ многіе интересные ряды количественныхъ опредѣленій. Такъ называемыя неподвижныя звѣзды, какъ и предъугадывалъ Джіордано Бруно, вовсе не неподвижны, но вѣрнѣе могутъ быть названы громадными странствующими мірами, изъ которыхъ каждый слѣдуетъ въ пространствѣ своимъ путемъ. Мы поэтому должны для каждой звѣзды рѣшить слѣдующіе вопросы:

1. Движется ли она?
2. Въ какомъ направленіи?
3. Съ какою скоростью?
4. Есть ли эта скорость равномѣрная или измѣняющаяся?
5. Если измѣняющаяся, то по какому закону?
6. Неизмѣнно ли направленіе или измѣняется?
7. Если измѣняется, то какова форма ея видимаго пути?
8. Приближается ли она или удаляется?
9. Какова форма ея дѣйствительнаго пути?

Послѣдовательные отвѣты на такіе вопросы относительно извѣстныхъ двойныхъ звѣздъ дали доказательство того, что движенія ихъ обусловливаются центральной силой, совпадающей по своему закону съ тяжестью и несомнѣнно тожественной съ нею. Въ другихъ случаяхъ движенія обыкновенно представляются такими малыми, что трудно убѣдиться въ нихъ съ достовѣрностью. И далеко еще то время, когда будутъ установлены какіе нибудь общіе результаты относительно звѣздныхъ движеній.

Измѣненіе блеска звѣздъ представляетъ обширное поле для любопытныхъ наблюденій. Нѣтъ звѣзды на небѣ, относительно которой не потребовалось бы разрѣшеніе слѣдующихъ вопросовъ:

1. Измѣняется ли ея блескъ?
2. Увеличивается ли блескъ или уменьшается?
3. Равномѣрно ли это измѣненіе?
4. Если нѣтъ, то по какому закону оно измѣняется?

Въ большинствѣ случаевъ измѣненіе вѣроятно оказалось бы имѣющимъ періодическій характеръ; а въ этомъ случаѣ возникли бы многіе другіе вопросы, какъ напр.

5. Какова продолжительность періода?
6. Есть ли меньшіе періоды?
7. Каковъ законъ измѣненія въ предѣлахъ періода?
8. Есть ли какая нибудь разница въ количествѣ измѣненія?
9. Если есть, то вѣковая ли она, т. е. непрерывно возрастающая, или же есть доказательства еще большаго періода?

Періодическія измѣненія извѣстнаго числа звѣздъ уже были точно опредѣлены и длина періодовъ измѣняется отъ трехъ дней и менѣе и до промежутка времени по крайней мѣрѣ во 250 разъ большаго. Открыты были также періоды и въ предѣлахъ періодовъ.

Нѣтъ кажется предмета, относительно котораго нужно было бы опредѣлять болѣе сложныя количественныя условія, чѣмъ относительно земнаго магнитизма. Съ того времени какъ въ первый разъ было замѣчено склоненіе магнитной стрѣлки Колумбомъ, какъ нѣкоторые предполагаютъ, сдѣланы были постепенно открытія слѣдующихъ фактовъ: прогрессивнаго измѣненія склоненія изъ столѣтія въ столѣтіе, періодическаго характера этого измѣненія, разницы склоненія и наклоненія въ разныхъ частяхъ земной поверхности, варіаціи законовъ измѣненія склоненія, наклоненія стрѣлки и соотвѣтствующихъ законовъ его періодическихъ измѣненій. Горизонтальныя и перпендикулярныя напряженности также были предметомъ точнаго измѣренія, и оказалось, что они измѣняются по мѣсту и времени, подобно направленіямъ стрѣлки. Были открыты еще суточныя и годичныя измѣненія и найдено было, что всѣ эти элементы подвержены случайнымъ бурямъ или ненормальнымъ возмущеніямъ, въ которыхъ повидимому обнаруживается 11-лѣтній періодъ, который оказывается теперь общимъ для нѣсколькихъ планетныхъ отношеній. Полное рѣшеніе этихъ движеній магнитной стрѣлки требуетъ ни болѣе ни менѣе какъ опредѣленія ея положеній и колебаній въ каждой части земли и въ данное время, такого же опредѣленія для другаго времени и т. д. для каждаго промежутка времени, пока не будутъ достовѣрно узнаны періоды всѣхъ измѣненій. Одинъ этотъ предметъ представляетъ для учоныхъ почти неисчерпаемое поле для интересныхъ количественныхъ изслѣдованій, которыя несомнѣнно откроютъ дѣйствіе причинъ теперь для насъ таинственныхъ и необъяснимыхъ.

Методы точнаго измѣренія.

Изучая способы, которыми физики произвели весьма точныя измѣренія мы находимъ, что они весьма разнообразны, но тѣмъ не менѣе могутъ быть подведены подъ слѣдующіе три класса:

1. Увеличеніе или уменьшеніе въ какомъ нибудь опредѣленномъ отношеніи измѣряемаго количества, такъ чтобы сдѣлать его доступнымъ для нашихъ чувствъ и затѣмъ сравнивать его съ образцовой единицей мѣры или съ какимъ нибудь кратнымъ или дѣлителемъ этой единицы.

2. Открытіе какой нибудь естественной связи между явленіями, которая бы давала намъ возможность сравнивать прямо кратныя измѣряемаго количества съ кратными единицы мѣры или съ количествомъ находящимся въ опредѣленномъ отношеніи къ этой единицѣ.

3. Непрямое измѣреніе, которое даетъ не самое требуемое количество, но нѣкоторое другое количество, соединенное съ нимъ извѣстными математическими отношеніями.

Условія точнаго измѣренія.

Нужны многія условія для того, чтобы измѣреніе могло быть произведено съ большою точностью, и чтобы были вполнѣ согласные результаты, когда произведено нѣсколько независимыхъ измѣреній.

Прежде всего величина должна быть точно опредѣлена рѣзкими границами или точными знаками не незначительной толщины. Когда граница неопредѣленна и оканчивается постепенно, какъ напр. полутѣнь въ лунномъ затмѣніи, тогда невозможно сказать, гдѣ же настоящій конецъ, и разные наблюдатели придутъ къ различнымъ результатамъ. Мы можемъ иногда преодолѣть эту трудность до извѣстной степени, повторяя наблюденія особеннымъ образомъ, какъ мы увидимъ впослѣдствіи; но если возможно, мы должны избирать для измѣренія благопріятные моменты, когда точное опредѣленіе границы легко. Моментъ покрытія звѣзды луною можетъ быть наблюдаемъ съ большою точностью, потому что звѣзда исчезаетъ совершенно внезапно; но есть другія астрономическія соединенія, затмѣнія, прохожденія и проч., которыя совершаются въ теченіи извѣстнаго времени и такимъ образомъ даютъ поводъ къ разнымъ сужденіямъ. Невозможно было бы съ точностью наблюдать движеніе тѣла, которое не имѣетъ опредѣленныхъ точекъ, на которыхъ можно бы ло бы остановить вниманіе. Цвѣта полнаго спектра переходятъ одинъ въ другой съ такою постепенностью, что точное опредѣленіе показателей преломленія было бы невозможно, если бы не было темныхъ линій въ спектрѣ, служащихъ опредѣленными точками для измѣренія, или различныхъ видовъ однороднаго (одноцвѣтнаго) свѣта, каковъ напр. свѣтъ натрія, имѣющій почти одинаковую длину вибраціи.

Во вторыхъ, мы не можемъ точно измѣрять, если у насъ нѣтъ средствъ множить или дѣлить количество безъ значительной ошибки, такъ что бы мы могли вѣрно уравнивать одну величину съ кратнымъ или дѣлителемъ другой. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ мы производимъ операціи надъ измѣряемымъ количествомъ и доводимъ его до точнаго совпаденія съ измѣряющимъ образцомъ; какъ напр. въ фотометріи мы измѣняемъ разстояніе нашего свѣтящагося тѣла до тѣхъ поръ, пока его освѣтительная способность не будетъ равна до извѣстной степени свѣту лампы, служащей образцомъ для сравненія. Въ другихъ случаяхъ мы повторяемъ единицу до тѣхъ поръ, пока она не будетъ равна измѣряемому предмету, какъ напр. при съемкахъ или при опредѣленіи вѣса вѣсами. Условія точности при этомъ слѣдующія: 1) чтобы мы могли повторять единицу за единицей совершенно равной величины; 2) чтобы они могли быть соединены между собою, такъ чтобы совокупность ихъ дѣйствительно составляла сумму частей. Тѣ же самыя условія примѣняются и къ подраздѣленію, на которое можно смотрѣть какъ на умноженіе единицъ меньшихъ наименованій. Чтобы измѣрить до тысячной дюйма, мы должны имѣть возможность прибавлять тысячныя къ тысячнымъ безъ ошибки въ величинѣ этихъ пространствъ или въ ихъ соединеніи.

Измѣряющіе инструменты.

Въ мой планъ вовсе не входитъ разсмотрѣніе механическаго устройства научныхъ инструментовъ. Я хочу только указать просто на общую цѣль такихъ инструментовъ и на методы, употребляемые для достиженія этой цѣли съ большою точностью. Во-первыхъ мы должны различать между инструментомъ, который производитъ сравненіе между двумя количествами и образцовой единицей мѣры, которая часто составляетъ одно изъ сравниваемыхъ количествъ. Астрономическіе часы напр. вовсе не образцовая единица теченія времени; они служатъ только для того, чтобы подраздѣлять съ приблизительною точностью промежутокъ времени между послѣдовательными прохожденіями звѣзды черезъ меридіанъ и они это могутъ сдѣлать до одной десятой секунды или $\frac{1}{1000}$ части всего промежутка. Движеніе земнаго шара представляетъ настоящіе образцовые часы, а пассажный инструментъ стрѣлку часовъ, между тѣмъ какъ звѣзды представляютъ собою цифры часовъ, минутъ и секундъ, нисколько не менѣе точныя вслѣдствіе того, что они расположены не на одинаковыхъ разстояніяхъ. Фотометръ есть простой инструментъ, посредствомъ котораго мы сравниваемъ относительную напряженность лучей свѣта, падающихъ на данное мѣсто. Гальванометръ показываетъ сравнительную напряженность электрическихъ токовъ, проходящихъ по проволокѣ. Калориметръ показываетъ количества теплоты, выходяшей изъ даннаго предмета. Но ни одинъ изъ этихъ инструментовъ не даетъ образцовой единицы, въ терминахъ которой выражались бы наши результаты. Только въ одномъ особенномъ случаѣ одинъ и тотъ же инструментъ соединяетъ въ себѣ и единицу измѣренія и средства сравненія. Теодолитъ, стѣнной кругъ, секстантъ и другіе инструменты для измѣренія угловыхъ величинъ не нуждаются въ добавочной физической единицѣ; потому что самъ кругъ или полный оборотъ есть естественная единица, къ которой относятся всѣ большія и меньшія количества угловой величины.

Результатъ каждаго измѣренія состоитъ въ томъ, чтобы узнать число, численное отношеніе, существующее между измѣряемой величиной и извѣстной другой величиной, которая по возможности должна быть постоянной единицей или образцовой величиной, или по крайней мѣрѣ промежуточной единицей, величина которой должна быть выражена въ терминахъ главной образцовой единицы. Но хотя искомый результатъ есть отношеніе, однако способъ, которымъ опредѣляется и выражается это отношеніе, есть уравненіе. Во всякомъ измѣреніи мы уравниваемъ какое нибудь кратное или дѣлителя одного количества съ какимъ нибудь кратнымъ или дѣлителемъ другаго и равенство есть всегда тотъ фактъ, въ которомъ мы желаемъ убѣдиться чувствами. При помощи глаза, уха или осязанія мы судимъ о томъ, есть ли неодинаковость или нѣтъ между двумя свѣтами, двумя звуками, двумя промежутками времени, двумя полосами металла. Часто однако мы замѣняемъ одно чувство другимъ, еслибы напр. о теченіи времени судить по знакамъ на движущейся полосѣ бумаги, такъ что равные промежутки времени выражались бы равными длинами. Существуетъ тенденція сводить всѣ сравненія на сравненіе пространственныхъ величинъ, но во всякомъ случаѣ одно изъ чувствъ должно быть послѣднимъ судьею совпаденія или не совпаденія.

Такъ какъ устанавливаемое равенство можетъ существовать между всякими кратными или дѣлителями сравниваемыхъ количествъ, то естественно возникаютъ различные способы сравненія, примѣняемые къ разнымъ случаямъ. Пусть p есть измѣряемая величина и q та единица, въ терминахъ которой должна выразиться величина. Тогда мы желаемъ найти такія числа x и y, чтобы уравненіе $p=\frac{x}{y}q$ было вѣрно. Это уравненіе можно представить въ четырехъ формахъ, именно

Первая форма.	Вторая форма.	Третья форма.	Четвет. форма.
$p=\frac{x}{y}q$	$p\frac{y}{x}=q$	$py=qx$	$\frac{p}{x}=\frac{q}{y}$

Каждый изъ этихъ способовъ выраженія одного и того же уравненія соотвѣтствуетъ одному способу производства измѣренія.

Когда образцовое служащее единицей количество больше чѣмъ измѣряемое, то мы часто употребляемъ первый способъ и подраздѣляемъ единицу до тѣхъ поръ, пока не получимъ величины равной измѣряемой. Углы наблюдаемые при съемкахъ въ астрономіи или въ гоніометріи бываютъ обыкновенно меньше цѣлаго круга; и измѣряющій кругъ раздѣляется при помощи винта и микроскопа до тѣхъ поръ, пока мы не получимъ угла, не отличимаго отъ наблюдаемаго. Размѣры мелкихъ предметовъ опредѣляются посредствомъ подраздѣленія дюйма или центиметра, причемъ микрометрическій винтъ служитъ самымъ точнымъ средствомъ подраздѣленія. Обыкновенныя температуры опредѣляются посредствомъ подраздѣленія образцоваго промежутка между точками замерзанія и кипѣнія воды, обозначенными на термометрической трубкѣ.

Въ гораздо большемъ числѣ случаевъ мы помножаемъ образцовую единицу до тѣхъ поръ, пока не получимъ величины равной той, которая измѣряется. Обыкновенное измѣреніе посредствомъ аршиновъ или саженей, посредствомъ землемѣрной цѣпи и другихъ образцовыхъ единицъ служатъ примѣрами этого пріема.

Во второмъ случаѣ, гдѣ $p\frac{y}{x}=q$, мы умножаемъ или подраздѣляемъ измѣряемую величину до тѣхъ поръ, пока не получимъ величины, равной единицѣ или какой нибудь другой величинѣ легко сравнимой съ нею. Какъ общее правило, количества, которыя мы желаемъ измѣрять въ физической наукѣ, скорѣе слишкомъ малы, чѣмъ слишкомъ велики, для удобнаго измѣренія, и задача состоитъ въ увеличеніи ихъ безъ введенія ошибки. Такъ расширеніе металлическаго прута нагрѣваемаго отъ 0° до 100° Ц. можетъ быть увеличено посредствомъ системы рычаговъ или зубчатыхъ колесъ. Въ обыкновенномъ термометрѣ расширеніе ртути, хотя и слабое, дѣлается весьма замѣтнымъ и легко измѣримымъ вслѣдствіе узкости трубочки. И вообще можетъ быть приведено много другихъ случаевъ. Напротивъ есть другія явленія, которыя слишкомъ велики и совершаются слишкомъ быстро, чтобы наши чувства могли легко воспринять ихъ, и наше дѣло въ такомъ случаѣ употребить относительно ихъ уменьшеніе. Галилей находилъ труднымъ измѣрять скорость падающаго тѣла вслѣдствіе значительной скорости пріобрѣтаемой въ одну секунду. Поэтому онъ придумалъ остроумный способъ уменьшать быстроту, заставляя тѣло катиться по наклонной плоскости, что даетъ возможность уменьшать ускоряющую силу въ какой угодно пропорціи. Таже цѣль достигается и въ извѣстныхъ опытахъ дѣлаемыхъ посредствомъ Атвудовой машины; и измѣреніе тяжести маятникомъ основывается на томъ же принципѣ, примѣняемомъ еще болѣе выгоднымъ образомъ. Уитстонъ изобрѣлъ прекрасный методъ гальванометріи для сильныхъ токовъ, состоящій въ томъ, чтобы отводить отъ главнаго тока извѣстную опредѣленную часть, которая сравнивается посредствомъ гальванометра съ образцовою единицею. Словомъ, онъ измѣряетъ не самый токъ, но извѣстную часть его.

Во многихъ электрическихъ и другихъ экспериментахъ мы желаемъ измѣрять движенія стрѣлки или другаго тѣла, которыя не только малы сами по себѣ, но и служатъ проявленіемъ чрезвычайно малыхъ силъ. Мы даже не можемъ приблизиться къ чувствительно уравновѣшенной стрѣлкѣ безъ того, чтобы она не заколебалась. При такихъ обстоятельствахъ единственное средство достигнуть точности состоитъ въ томъ, чтобы прикрѣпить къ движущемуся тѣлу маленькое зеркальце и употреблять лучъ свѣта отраженный отъ зеркальца какъ указатель его движеній. Можно считать, что лучъ не производитъ дѣйствія на тѣло; а давая лучу проходить достаточное разстояніе, можно увеличить движенія зеркала до какой угодно степени. Лучъ свѣта есть совершенно невѣсомый указатель или стрѣлка неопредѣленной длины съ тѣмъ еще добавочнымъ преимуществомъ, что его угловое отклоненіе бываетъ по закону отраженія вдвое болѣе отклоненія зеркала. Этотъ методъ былъ введенъ Гауссомъ и имѣетъ теперь большую важность; но еще прежде въ отражательномъ гоніометрѣ Волластона лучъ свѣта былъ употребляемъ какъ указатель. Лавуазье и Лапласъ также употребляли телескопъ въ связи съ пирометромъ.

Большимъ преимуществомъ въ нѣкоторыхъ инструментахъ служитъ то, что ихъ можно заставить обнаруживать явленіе въ большей или меньшей степени посредствомъ легкаго измѣненія въ ихъ устройствѣ. Такъ, или увеличивая шарикъ или дѣлая уже трубку термометра, мы достигаемъ того, что онъ въ большихъ размѣрахъ показываетъ и небольшія измѣненія температуры. Но барометръ напротивъ всегда показываетъ измѣненія давленія въ одномъ размѣрѣ. Крутительные вѣсы замѣчательны крайнею чувствительностью, которая можетъ быть достигнута, если увеличивать длину и легкость прутика, а также длину и тонину поддерживающей его нити. Силы столь малыя какъ притяженіе тяготѣнія между двумя шарами, или магнитное и діамагнитное притяженіе обыкновенныхъ жидкостей и газовъ, этимъ способомъ могутъ быть сдѣланы замѣтными и даже могутъ быть измѣрены. Обыкновенные химическіе вѣсы также способны почти къ безграничной чувствительности.

Третій способъ измѣренія, который можетъ быть названъ методомъ повторенія, имѣетъ такую важность и интересъ, что мы должны разсмотрѣть его въ особомъ параграфѣ. Онъ состоитъ въ увеличеніи или въ умноженіи обоихъ сравниваемыхъ величинъ до тѣхъ поръ, пока какое нибудь кратное первой не окажется совпадающимъ весьма близко съ какимъ нибудь кратнымъ втораго. Если умноженіе можетъ быть ведено безгранично и съ избѣжаніемъ ошибокъ, то точность, съ которою можетъ быть опредѣлено требуемое отношеніе, можетъ быть безграничною, и намъ поэтому понятна необыкновенная точность, съ какою сравниваются промежутки времени въ астрономіи.

Четвертый способъ измѣренія, въ которомъ мы сравниваемъ дѣлителей двухъ величинъ, употребляется сравнительно рѣдко, потому что онъ не приводитъ къ точности. Пожалуй можно сказать, что онъ употребляется въ фотометріи; мы сравниваемъ напряженность двухъ источниковъ свѣта, помѣщая ихъ на такихъ разстояніяхъ отъ данной поверхности, чтобы свѣтъ падающій на эту поверхность былъ стерпимъ для глаза и одинаково яркъ отъ обоихъ. Такъ какъ сила или напряженность свѣта измѣняется пропорціонально квадрату разстояній, то относительныя силы свѣта двухъ свѣтящихся тѣлъ пропорціональны квадратамъ ихъ разстояній. Одинаковая напряженность двухъ лучей одинаково окрашеннаго свѣта можетъ быть самымъ точнымъ образомъ измѣрена способомъ, придуманнымъ Араго; онъ состоитъ въ томъ, чтобы заставить лучи проходить въ противоположныхъ направленіяхъ черезъ двѣ почти плоскія чечевицы прижатыя одна къ другой. Если напряженность ихъ совершенно одинакова, то Ньютоновы кольца исчезаютъ, такъ какъ кольцо производимое однимъ служитъ дополнительнымъ для произведеннаго другимъ.

Методъ повторенія.

Отношеніе между двумя количествами можетъ быть опредѣлено съ безграничною точностью, если мы можемъ умножать какъ измѣряемый предметъ, такъ и образцовую единицу, не дѣлая ошибки, и затѣмъ смотрѣть, какое кратное одного совпадаетъ или близко совпадаетъ съ какимъ нибудь кратнымъ другаго. Хотя совершенное совпаденіе никогда не можетъ быть достигнуто, однако могущая быть при измѣреніи ошибка чрезвычайно уменьшается. Потому что, если уравненіе $py = qx$ недостовѣрно на какое нибудь количество e, такъ что $py = qx \pm e$, тогда мы имѣемъ $p = q\frac{x}{y} \pm \frac{e}{y}$, и такъ какъ мы предположили, что мы можемъ увеличить y насколько намъ угодно, не увеличивая ошибки e, то изъ этого слѣдуетъ, что мы можемъ сдѣлать $\frac{e}{y}$ столь малымъ, какъ мы того пожелаемъ, и такимъ образомъ приблизиться къ требуемому отношенію $x : y$ съ уклоненіемъ на самое незначительное количество.

Этотъ методъ повторенія естественно употребляется вездѣ, гдѣ количества могутъ быть повторяемы или гдѣ они сами повторяются безъ ошибокъ при сопоженіи,—что особенно бываетъ при движеніяхъ земли и небесныхъ тѣлъ. Опредѣляя длину сидерическаго дня, мы опредѣляемъ отношеніе между движеніемъ земли вокругъ солнца и ея вращеніемъ на своей оси. Мы можемъ узнать это отношеніе, наблюдая послѣдовательныя прохожденія звѣзды черезъ меридіанъ и сравнивая этотъ промежутокъ времени между ними посредствомъ хорошихъ часовъ съ промежуткомъ между двумя прожденіями солнца, и оказывающаяся между ними разность и происходитъ отъ угловаго движенія земли вокругъ солнца. Въ такихъ наблюденіяхъ можетъ быть ошибка на значительную часть секунды при каждомъ наблюденіи въ добавокъ къ неправильности часовъ. Но вращенія земли повторяются сами изо дня въ день, изъ года въ годъ безъ малѣйшаго промежутка между концомъ одного періода и началомъ другаго. Операція умноженія производится въ совершенствѣ самой природой. Если мы поэтому можемъ найти наблюденіе прохожденія звѣзды черезъ меридіанъ, сдѣланное сто лѣтъ назадъ, т. е. наблюденіе промежутка времени между прохожденіемъ солнца и звѣзды, то инструментальныя ошибки при измѣреніи этого промежутка часами и телескопомъ окажутся больше, чѣмъ въ настоящее время, но они будутъ раздѣлены на 36,524 дня и поэтому сдѣлаются чрезвычайно малыми. И такимъ то образомъ астрономы имѣли возможность опредѣлить отношеніе между среднимъ солнечнымъ и звѣзднымъ днемъ до 8-ой десятичной цифры (1,00273791 къ 1), т. е. до стомилліонной части; это вѣроятно самый точный результатъ измѣренія во всей области науки.

Этотъ способъ сравненія почти столь же древенъ, какъ сама астрономія. Гиппархъ первый сдѣлалъ изъ него обдуманное примѣненіе, когда онъ сравнилъ свои собственныя наблюденія съ наблюденіями Аристарха, сдѣланными за 145 лѣтъ раньше, и такимъ образомъ опредѣлилъ длину года. Это вычисленіе можно считать самой ранней попыткой точнаго опредѣленія постоянныхъ природы. Этотъ методъ есть главный рессурсъ астрономіи; Тихо напр. открылъ медленное уменьшеніе наклоненія земной оси посредствомъ сравненія наблюденій, сдѣланныхъ въ длинные промежутки. Современные астрономы столь же часто употребляютъ этотъ методъ какъ и древніе; но всѣ наблюденія сдѣланныя въ теченіи послѣднихъ ста лѣтъ до такой степени превосходятъ прежнія наблюденія, что часто бываетъ выгоднѣе взять лучше небольшой промежутокъ времени, чѣмъ подвергаться риску большихъ инструментальныхъ ошибокъ въ прежнихъ наблюденіяхъ.

Очевидно, что многіе изъ медленныхъ измѣненій совершающихся въ небесныхъ тѣлахъ требуютъ большихъ промежутковъ времени, чтобы количество ихъ стало затѣтнымъ. Гиппархъ не могъ открыть небольшихъ неравенствъ въ небесныхъ движеніяхъ, потому что онъ не имѣлъ въ своемъ распоряженіи прежнихъ наблюденій достаточно отдаленныхъ отъ него и точныхъ. Но какъ наблюденія Гиппарха составили опорный пунктъ для послѣдующихъ сравненій, такъ и большая часть труда нынѣшнихъ астрономовъ направлена на описаніе настоящаго состоянія неба съ такою точностью, чтобы будущее поколѣніе астрономовъ могло открыть измѣненія, которыя можетъ быть еще не были замѣчены до настоящаго времени.

Принципъ повторенія былъ весьма остроумно примѣненъ въ инструментѣ, впервые предложенномъ Мейеромъ въ 1767, и введенъ въ употребленіе въ видѣ повторительнаго круга Борды. Точное измѣреніе угловъ необходимо не только въ астрономіи, но также въ тригонометрическихъ съемкахъ и самое высокое искуство механической отдѣлки раздѣленнаго на градусы круга и телескопа не устранитъ конечныхъ ошибокъ значительной величины. Если вмѣсто одного телескопа кругъ будетъ снабжонъ двумя одинаковыми, то они могутъ быть попеременно направляемы на двѣ отдѣльно стоящія точки, напр. на вѣхи или сигналы въ тригонометрической съемкѣ, такъ что кругъ будетъ повернутъ на какое нибудь кратное угла, заключающагося между этими точками, и тогда уже мы читаемъ на кругѣ количество угловаго движенія. Теоретически говоря, всякая ошибка происходящая отъ несовершенства дѣленій на инструментѣ можетъ быть неопредѣленно уменьшаема, если ее дѣлить на число повтореній. Но на практикѣ выгода отъ этого изобрѣтенія представляется небольшою, вѣроятно потому, что извѣстная ошибка получается при каждомъ наблюденіи, при перестановкѣ и закрѣпленіи телескоповъ. Кромѣ того оно не примѣнимо къ движущимся предметамъ, каковы небесныя тѣла, такъ что употребленіе его ограничивается важными тригонометрическими съемками.

Маятникъ есть самый совершенный изъ всѣхъ инструментовъ, главнымъ образомъ потому, что онъ допускаетъ почти безконечное повтореніе. Такъ какъ сила тяжести никогда не прекращается, то какъ только окончится одно качаніе, тотчасъ же начинается другое, такъ что сopоложеніе послѣдовательныхъ единицъ абсолютно совершенно. Если только качанія равны, то тысяча качаній займетъ какъ разъ въ тысячу разъ больше времени, чѣмъ одно качаніе. Отъ этого факта не только вполнѣ зависитъ подраздѣленіе времени, но онъ оказываетъ еще большую услугу при точномъ измѣреніи тяжести и при многихъ другихъ важныхъ опредѣленіяхъ. Въ самой глубокой шахтѣ мы не могли бы наблюдать быстроты паденія тѣла болѣе чѣмъ четверть минуты, и измѣреніе скорости было бы трудно и подвержено неизвѣстнымъ ошибкамъ, вслѣдствіе сопротивленія воздуха и проч. Въ маятникѣ мы имѣемъ тѣло, которое мы можемъ держать въ состояніи паденія и подниманія въ теченіи многихъ часовъ въ средѣ, находящейся въ нашемъ распоряженіи, и если угодно намъ, то даже въ пустотѣ. Кромѣ того сравнительная сила тяжести на различныхъ точкахъ, какъ напр. у устья и на днѣ шахты, можетъ быть опредѣлена съ удивительною точностью, посредствомъ качаній двухъ совершенно одинаковыхъ маятниковъ и при помощи сигналовъ даваемыхъ электрическими часами.

Чтобы опредѣлить сравнительныя времена качанія двухъ маятниковъ, нужно только чтобы они качались другъ противъ друга; затѣмъ нужно замѣтить по часамъ тотъ моментъ, когда качанія ихъ совпадутъ, такъ чтобы одинъ маятникъ покрывалъ другой и затѣмъ считать число качаній до того момента, пока они снова не совпадутъ. Если одинъ маятникъ дѣлаетъ m качаній, а другой n, то мы сразу имѣемъ наше уравненіе pn=pm, которое даетъ длину качанія каждаго маятника въ терминахъ другого. Этотъ методъ совпаденія, воплощающій принципъ повторенія въ совершенствѣ, былъ примѣненъ съ удивительнымъ искуствомъ Эйри въ его опытахъ надъ плотностью земли въ Гартонскомъ каменноугольномъ рудникѣ, причемъ верхній и нижній маятникъ сравнивались съ часами, которые въ свою очередь сравнивались другъ съ другомъ посредствомъ электрическихъ сигналовъ. Такъ точенъ былъ этотъ методъ наблюденія въ рукахъ Эйри, что онъ опредѣлилъ полную разницу въ качаніяхъ у устья и на днѣ шахты, составлявшую только 2,24 секунды въ сутки съ ошибкой менѣе чѣмъ въ одну сотую часть секунды или одну 8,640,000-ю сутокъ [1]).

Принципъ повторенія былъ изящно примѣненъ къ наблюденію надъ водяными волнами. Если каналъ, въ которомъ производятся эксперименты, коротокъ, положимъ 20 футовъ длины, то волны пройдутъ черезъ него такъ быстро, что опредѣленіе длины волны, какъ оно дѣлалось Валькеромъ, будетъ подвержено большой конечной ошибкѣ, даже когда наблюдатель очень искусенъ. Но по результату волнообразной теоріи волна не измѣняется и не теряетъ времени при полномъ отраженіи, такъ что ее можно заставить ходить взадъ и впередъ по тому же каналу и ея движеніе, когда она пройдетъ по нему шестьдесятъ разъ или 1200 футовъ, можетъ быть наблюдаемо съ тою же точностью, какъ и въ каналѣ 1200 ф. длины, но еще съ выгодой большаго однообразія въ состояніи канала и воды ²). Всегда было бы желательно производить опытъ, если возможно, въ маломъ масштабѣ, такъ чтобы мы вполнѣ могли владѣть имъ и въ тоже время посредствомъ повторенія могли бы имѣть выгоды опыта въ обширныхъ размѣрахъ.

---

[1]) Phil. Trans., 1856, v. 146, P, I. p. 297.

Одна изъ причинъ большой точности взвѣшиванія на хорошихъ вѣсахъ состоитъ въ томъ, что гири помѣщаемыя на одну и туже чашку прибавляются одна къ другой безъ малѣйшей ошибки. Нѣтъ никакой трудности въ соположеніи двухъ грамовъ, но соположеніе двухъ метровъ или футовъ можетъ быть произведено только съ сносною точностью и то при употребленіи микроскопа и при многихъ предосторожностяхъ. Вслѣдствіе этого-то такъ хлопотливо, но вмѣстѣ и чрезвычайно важно точное измѣреніе линіи, служащей базисомъ при съемкахъ, такъ какъ здѣсь рискъ ошибки встрѣчается при каждомъ соположеніи измѣряющаго метра, фута и проч., и потому здѣсь требуется неутомимое вниманіе и соблюденіе всѣхъ нужныхъ предосторожностей во все время операціи.

Измѣренія посредствомъ естественнаго совпаденія.

Въ извѣстныхъ случаяхъ особенное соединеніе обстоятельствъ даетъ намъ возможность обойтись безъ инструментальной помощи и получить простѣйшимъ образомъ весьма точные численные результаты. Тотъ фактъ напр., что никто никогда не наблюдалъ другаго вида луны кромѣ того, который такъ хорошо извѣстенъ всѣмъ намъ, рѣшительно доказываетъ, что періодъ вращенія луны на своей оси равенъ періоду ея обращенія вокругъ земли. Мы не только имѣемъ повтореніе этихъ движеній въ теченіи 1000 или 2000 лѣтъ по меньшей мѣрѣ, но еще имѣемъ наблюденія сдѣланныя для насъ въ весьма отдаленные періоды и свободныя отъ инструментальныхъ ошибокъ, потому что не нужны были никакіе инструменты. Мы знаемъ, что седьмой спутникъ Сатурна подчиненъ тому же закону, потому что во время каждаго обращенія свѣтъ его претерпѣваетъ измѣненіе, происходящее отъ существованія какой то темной полосы суши; и это отсутствіе свѣта всегда случается въ то время, когда онъ находится въ одномъ извѣстномъ положеніи относительно Сатурна и этимъ доказывается равенство между періодами осеваго вращенія и обращенія по орбитѣ, какъ это сообразилъ Гюйгенсъ ³). Подобная же особенность въ дви-

---

²) Эйри On Tides and Waves, Encyclopaedia Metropolitana, p, 345. Скоттъ Россель British Association Report, 1837, p. 432.

³) Hugenii Cosmotheoros, p. 117, 118. Лапласъ, Système, въ англійск. пер. v. I. p. 67.

женіяхъ четвертаго спутника Юпитера была открыта такимъ же образомъ Маральди въ 1713.

Замѣчательныя соединенія планетъ иногда даютъ намъ возможность съ большою точностью сравнивать ихъ періоды обращенія черезъ большіе промежутки времени. Лапласъ объяснилъ продолжительное неравенство въ движеніяхъ Юпитера и Сатурна при помощи соединенія этихъ планетъ, которое было наблюдаемо въ концѣ XI столѣтія. Лапласъ вычислилъ, что такое соединеніе могло случиться 31 октября 1087; и разница между разстояніемъ планетъ, какое показано по наблюденію и какое указывается теоріей, была меньше одной пятой части видимаго діаметра солнца. Такъ какъ эта разница была меньше вѣроятной ошибки стараго наблюденія, то теорія значитъ подтверждалась фактомъ, насколько можно было принять этотъ фактъ [1]).

Древніе астрономы обнаруживали большое остроуміе, съ какимъ они пользовались всякимъ представлявшимся имъ благопріятнымъ случаемъ для измѣренія. Эратосфену, жившему за 250 лѣтъ до Р. Хр., случилось услышать, что солнце въ Сіенѣ, въ Верхнемъ Египтѣ, было видимо во время лѣтняго солнцестоянія на днѣ колодца,—что доказывало, что оно находилось въ зенитѣ, и поэтому онъ предложилъ опредѣлить размѣры земли и для этого измѣрить длину тѣни палки въ Александріи въ тотъ же день года. Посредствомъ этого грубаго способа онъ узналъ разницу въ широтѣ между Александріей и Сіеной и нашелъ, что она составляетъ около одной пятидесятой части всей окружности, и на этомъ основаніи опредѣлилъ размѣры земли въ предѣлахъ одной шестой части ея точныхъ размѣровъ. Колодецъ былъ употребленъ для астрономическихъ наблюденій въ одномъ случаѣ сравнительно еще недавно, именно Флемстидомъ въ 1679 [2]). Александрійскіе астрономы употребляли луну какъ измѣряющій инструментъ разными остроумными способами. Когда луна находится какъ разъ въ четверти, тогда луна, солнце и земля находятся на углахъ прямоугольнаго треугольника. Аристархъ измѣрилъ въ это время угловое разстояніе луны отъ солнца, что дало ему два другіе угла треугольника; а это дало ему возможность судить о сравнительныхъ разстояніяхъ луны и солнца отъ земли. Его результатъ, хотя и очень грубый, былъ все-таки точнѣе чѣмъ прежде существовавшія понятія и онъ имѣлъ возможность сдѣлать нѣкоторое опредѣленіе сравнительной величины этихъ тѣлъ. Затмѣнія луны были очень полезны для Гиппарха при опредѣленіи долготы звѣздъ, которыя невидимы, когда солнце находится надъ горизонтомъ. Когда луна находится въ затмѣніи, тогда она должна находиться на разстояніи 180° отъ солнца; поэтому нужно было только измѣрить разстояніе неподвижной звѣзды по долготѣ отъ находящейся въ затмѣніи луны, чтобы получить ея угловое разстояніе отъ солнца.

---

[1]) Грантъ, History of Physical Astronomy, p. 129.

[2]) Бейли Account of Flamsteed, p LIX.

Въ послѣднее время затмѣнія Юпитера служили для измѣренія угла; потому что въ средній моментъ затмѣнія спутникъ долженъ находиться на одной прямой линіи съ планетой и солнцемъ, такъ что мы можемъ по извѣстнымъ законамъ движенія спутника узнать долготу Юпитера, если смотрѣть съ солнца. Если въ тоже время мы измѣримъ видимое угловое разстояніе Юпитера отъ солнца, если смотрѣть съ земли, то мы будемъ имѣть всѣ углы треугольника между Юпитеромъ, солнцемъ и землей и можемъ вычислить сравнительныя величины сторонъ тригонометрически.

Прохожденія Венеры по диску солнца представляютъ другое естественное явленіе, которое служитъ для самаго точнаго измѣренія параллакса солнца или видимой разницы его положенія, если смотрѣть съ отдаленныхъ на большое разстояніе пунктовъ земной поверхности. Солнце образуетъ родъ фона, на которомъ обозначается мѣсто планеты и служитъ измѣряющимъ инструментомъ свободнымъ отъ всякихъ ошибокъ конструкціи, свойственныхъ инструментамъ человѣческаго издѣлія. Кромѣ того вращеніе земли, различно измѣняя видимую скорость вхожденія и выхожденія Венеры, если смотрѣть съ различныхъ мѣстъ, также даетъ величину параллакса. Достаточно доказано, что если выбирать надлежащія моменты для наблюденія, то планетныя тѣла часто могутъ сами показывать свои относительныя разстоянія, измѣрять свои положенія и свои движенія съ весьма большою точностью. Съ улучшеніемъ астрономическихъ инструментовъ такія соединенія планетъ становятся менѣе необходимыми для прогресса науки, но всегда будетъ выгодно выбирать эти моменты для наблюденія, потому что тогда инструментальныя ошибки будутъ имѣть наименьшее дѣйствіе.

Въ другихъ наукахъ точные количественные законы могутъ быть иногда получены безъ инструментальныхъ измѣреній, какъ мы напр. узнаемъ совершенно равную скорость звуковъ различной высоты посредствомъ того наблюденія, что звонъ колоколовъ или игра музыкальной пьесы кажутся одинаково гармоничными при слушаніи ихъ на какихъ угодно растояніяхъ, до которыхъ только достигаютъ звуки; а этого не могло бы быть, какъ замѣтилъ Ньютонъ, если бы одинъ звукъ перегонялъ другой. Одинъ изъ важнѣйшихъ принциповъ атомистической теоріи былъ доказанъ, какъ выводъ изъ факта, еще прежде чѣмъ было введено въ химію употребленіе вѣсовъ. Венцель ранѣе 1777 замѣтилъ, что когда разлагаются двѣ среднія соли, то образующіяся новыя соли бываютъ также средни. Смѣшивая сѣрнокислый натръ съ азотнокислымъ баритомъ, мы получаемъ нерастворимый сѣрнокислый баритъ и средній сѣрнокислый натръ. Этотъ результатъ возможенъ только въ томъ случаѣ, если количество азотной кислоты требуемое для насыщенія одного атома натра совершенно равно количеству требуемому однимъ атомомъ барита, такъ чтобы могъ произойти точный обмѣнъ и не осталось излишка ни кислоты, ни основанія.

$NaNO_3$

Такимъ же образомъ важный механическій принципъ можетъ быть установленъ посредствомъ простаго акустическаго наблюденія. Когда прутъ или металлическій язычокъ укрѣпленный однимъ концомъ приведенъ въ вибрацію, то оказывается, что высота его звука остается неизмѣнной, будутъ ли вибраціи большія или малыя; поэтому колебанія язычка изохроничны или одинаково быстры, независимо отъ ихъ величины. На основаніи теоріи можетъ быть доказано, что такой результатъ бываетъ только тогда, когда сгибаніе пропорціонально разгибающей силѣ. Такимъ образомъ то простое наблюденіе, что высота звука хоть напр. гармоники нисколько не измѣняется, будетъ ли онъ громкій или тихій, устанавливаетъ точный законъ природы ¹).

Другой подобный примѣръ представляетъ доказательство того положенія, что сила свѣта или тепловыхъ лучей измѣняется обратно пропорціонально квадрату разстоянія. Потому что видимая величина несомнѣнно измѣняется по этому закону; значитъ, еслибы сила свѣта измѣнялась по какому нибудь другому закону, то блескъ предмета былъ бы различенъ на разныхъ разстояніяхъ, что на самомъ дѣлѣ не наблюдается. Меллони примѣнилъ тотъ же способъ умозаключенія только въ нѣсколько иной формѣ къ лучеиспусканію тепловыхъ лучей.

Способы непрямаго измѣренія.

Самые остроумные и изящные эксперименты, какіе только есть въ цѣлой области науки, были придуманы для цѣлей непрямаго измѣренія количествъ, которыя по своей крайней величинѣ или малости превосходятъ силы нашихъ чувствъ. Все что намъ нужно здѣсь—это найти какое нибудь другое удобоизмѣримое количество, которое находилось бы въ извѣстномъ отношеніи и связано извѣстнымъ закономъ, какъ бы онъ ни былъ сложенъ, съ измѣряемымъ количествомъ. Разъ получены экспериментальныя данныя, намъ уже дальше нѣтъ никакихъ трудностей кромѣ ариѳметическаго или алгебраическаго вычисленія.

---

¹) Жаменъ, Cours de Physique, v. I. p. 152.

Золотыхъ дѣлъ мастера расплющиваютъ золото въ такіе тонкіе листочки, что никакой самый сильный микроскопъ не можетъ открыть въ нихъ измѣримой толщины. Если сложить нѣсколько сотъ листовъ другъ на друга, чтобы увеличить толщину, то мы получимъ для измѣренія не больше $\frac{1}{100}$ дюйма, и ошибка, происходящая отъ наложенія и измѣренія можемъ быть значительна. Но мы можемъ получить совершенно точный результатъ, если приметъ въ соображеніе количество вѣса. Фаредей взвѣсилъ 200 листочковъ золота, каждый $3^3/_8$ квадратныхъ дюйма и нашолъ, что они равны 384 гранамъ. Зная удѣльный вѣсъ золота, легко вычислить, что средняя толщина листочковъ составляетъ $\frac{1}{282000}$ дюйма ¹).

Мы должны приписать Ньютону честь проложенія новаго пути въ методахъ мелкихъ измѣреній. Онъ не называлъ волнъ свѣта ихъ настоящимъ именемъ и не понималъ ихъ природы; однако онъ измѣрилъ ихъ длину, хотя она не превышала 2,000,000-й части метра или одной пятидесятитысячной части дюйма. Онъ прижималъ одну къ другой двѣ чечевицы съ большимъ, но извѣстнымъ радіусомъ. Легко было вычислить разстояніе между чечевицами во всякой точкѣ, измѣряя разстояніе ея отъ центральной точки соприкосновенія. При однородныхъ лучахъ послѣдовательныя свѣтлыя и темныя кольца обозначаютъ пункты, въ которыхъ разстоянія между чечевицами равны половинѣ вибраціи свѣта или какому нибудь кратному половины, такъ что длина вибраціи становится извѣстною. Подобнымъ же образомъ многія явленія интерференціи лучей свѣта допускаютъ измѣреніе длины волнъ. Коймы интерференціи происходятъ отъ лучей свѣта пересѣкающихся подъ малымъ угломъ и чрезвычайно малая разница въ длинѣ волнъ дѣлаетъ весьма замѣтною разницу въ положеніи пунктовъ, въ которыхъ два луча интерферируются и производятъ темноту.

Физо недавно употребилъ Ньютоновы кольца для измѣренія малыхъ количествъ движенія. Считая число колецъ монохроматическаго свѣта натрія, проходящаго черезъ извѣстный пунктъ, гдѣ двѣ стеклянныя пластинки тѣсно сближены между собою, онъ получилъ возможность опредѣлить легко и съ величающею точностью измѣненія разстоянія между этими стеклами, производимыя напр. расширеніемъ металлическаго прута, соединеннаго съ одною изъ пластинокъ ²).

Ничто не возбуждаетъ такого удивленія, какъ тотъ способъ, которымъ ученые наблюдатели иногда измѣряютъ количества, которыя выходятъ изъ

---

¹) Фаредей, Chemical Researches, p. 393.

²) Proceedings of the Royal Society, 30 Nov, 1836.

границъ человѣческаго наблюденія. Мы знаемъ, что средняя глубина Тихаго океана составляетъ 14,190 футовъ не по дѣйствительному измѣренію, которое практически неосуществимо въ подробностяхъ, но по наблюденіямъ скорости передачи волнъ землетрясенія отъ Южной Америки къ противоположнымъ берегамъ, и скорость ихъ движенія была посредствомъ теоріи связана съ глубиною воды [1]). Такимъ же образомъ средняя глубина Атлантическаго океана 22,157 футовъ была выведена изъ скорости обыкновенныхъ приливныхъ волнъ. Приливная волна даетъ прекрасное доказательство дѣйствія закона тяготѣнія, такого дѣйствія, которое не могло быть открыто никакимъ другимъ путемъ. Ньютонъ полагалъ, что сила луны приводящая въ движеніе океанъ есть только одна 2,871,400-я часть всей силы тяжести, такъ что даже маятникъ, при самомъ искусномъ употребленіи его, не могъ бы обнаружить его. Однако громадное протяженіе океана дозволяетъ накопленіе эффекта до весьма замѣтнаго количества; и изъ сравнительной высоты лунныхъ и солнечныхъ приливовъ Ньютонъ грубо вычислилъ сравнительныя силы тяготѣнія солнца и луны на землѣ [2]).

Нѣсколько лѣтъ тому назадъ могло казаться невозможнымъ измѣрить когда нибудь скорость, съ которою звѣзда приближается или удаляется отъ земли, такъ какъ видимое положеніе звѣзды при этомъ не измѣняется. Однако спектроскопъ даетъ намъ возможность открыть и даже измѣрить такое движеніе съ значительною точностью посредствомъ того измѣненія, которое оно производитъ въ видимой быстротѣ вибрацій и слѣдовательно въ преломляемости лучей свѣта опредѣленнаго цвѣта. И между тѣмъ какъ наше сужденіе о величинѣ боковаго движенія зависитъ отъ нашего весьма недостовѣрнаго знанія ихъ разстояній, спектроскопъ показываетъ движеніе приближенія и удаленія безъотносительно къ другимъ движеніямъ, исключая движенія земли. Словомъ онъ показываетъ движеніе приближенія и удаленія звѣздъ относительно земли [3]).

Такъ какъ скорость вибраціи для каждаго музыкальнаго тона точно опредѣлена при помощи сирены (стр. 10), то мы можемъ употреблять звуки какъ непрямыя указанія быстроты вибрацій. Извѣстно, что сокращеніе мускула происходитъ отъ періодическихъ сокращеній каждаго отдѣльнаго волокна и изъ слабаго звука сопровождающаго дѣйствіе мускула выведено заключеніе, что каждое сокращеніе продолжается около 300 части секунды. Малыя количества лучистой теплоты теперь всегда измѣряются непрямо посредствомъ электричества, какое они возбуждаютъ, падая на термоэлекрическій столбикъ. Крайняя точность и чувствительность этого метода происходитъ отъ возможности умноженія во многихъ мѣстахъ аппарата. Число элементовъ или спаянныхъ паръ различныхъ металловъ въ термоэлектрическомъ столбикѣ можетъ быть увеличено, такъ какъ сила электрическаго тока, возбуждаемаго однимъ и тѣмъ же количествомъ лучистой теплоты, увеличивается. Также точно дѣйствіе тока на магнитную стрѣлку можетъ быть увеличено, если заставить токъ проходить вокругъ ее нѣсколько разъ по оборотамъ проволоки; качанія или размахи стрѣлки можно увеличить, сдѣлавши ее астатическою и увеличивши чувствительность ея привѣса; наконецъ размахи ея можно наблюдать съ какою угодно точностью посредствомъ прикрѣпленнаго къ ней зеркальца и отраженія на отдаленной скалѣ, наблюдаемой въ телескопъ. Чувствительность и тонкость этого измѣренія такова, что Джоулю удалось устроить термоэлектричекій столбикъ, который показывалъ разницу температуры на 0°, 000114 Ц. [1]).

---

[1]) Гершель, Physical Geography § 40.

[2]) Principia, кн. III пол. 37. Короллар. 2 и 3. Переводъ Мотте v. II p. 310.

[3]) Роско, Spectrum Analysis, 1 ed. p. 296.

Поразительный случай непрямаго измѣренія представляетъ вращающееся зеркало Уитстона и Фуко, гдѣ короткіе промежутки времени измѣряются въ формѣ угловаго уклоненія. Уитстонъ наблюдалъ электическую искру въ зеркалѣ вращавшемся такъ быстро, что свѣтлая точка должна была явиться удлиненною на угловую мѣру въ полградуса. Въ искрѣ получавшейся прямо отъ лейденской банки не было замѣтно удлиненія, такъ что продолжительность искры была неизмѣримо мала; но когда разрядъ происходитъ при посредствѣ дурнаго проводника, то удлиненіе искры указывало на замѣтную продолжительнось его [2]). Въ рукахъ Фуко вращающееся зеркало дало мѣру того времени, какое употребляетъ свѣтъ на прохожденіе нѣсколькихъ метровъ.

Сравнительное употребленіе измѣряющихъ инструментовъ.

Почти во всѣхъ случаяхъ измѣряющій инструментъ служитъ и долженъ служить какъ средство для сравненія двухъ или болѣе величинъ. Какъ общее правило мы не должны дѣлать дѣленій измѣряющей скалы точными кратными или дѣлителями единицы, но считая ихъ произвольными знаками, должны опредѣлить ихъ величину посредствомъ сравненія съ образцовою мѣрою. Перпендикулярныя проволоки въ полѣ пассажнаго телескопа прикрѣплены на почти равныхъ, но произвольныхъ разстояніяхъ и эти разстоянія были опредѣлены впослѣдствіи по мысли Мальвазіи посредствомъ наблюденія прохожденія черезъ нихъ звѣзды за звѣздой, причемъ промежутокъ времени замѣчается по часамъ. Вслѣдствіе совершенной правильности движенія земли эти промежутки времени даютъ точныя опредѣленія угловыхъ промежутковъ. Такимъ же образомъ угловая величина каждаго оборота микрометрическаго винта можетъ быть опредѣлена легко и точно.

---

[1]) Phil. Trans. 1859, v. CXLX. p. 94.

[2]) Уаттсъ, Dictionary of Chemistry, v. II. p. 393.

Когда термоэлектрическій столбикъ употребляется для наблюденія лучистой теплоты, то было бы почти невозможно вычислить a priori, какова величина каждаго дѣленія на кругѣ гальванометра и еще труднѣе было бы устроить гальванометръ такъ, чтобы каждое дѣленіе имѣло данную величину. Но это вовсе не необходимо, потому что помѣщая столбикъ передъ тѣломъ извѣстныхъ размѣровъ, на извѣстномъ разстояніи, съ извѣстною температурою и лучеиспускающею способностью, мы измѣряемъ величину указаній столбика. Подобнымъ образомъ Джоуль опредѣлилъ дѣйствительную температуру производимую сжиманіемъ металлическихъ полосъ. Взявши маленькій термоэлектрическій столбикъ состоявшій изъ одной спаянной пары изъ мѣдной и желѣзной проволоки и замѣтивши отклоненіе гальванометра, онъ потомъ погружалъ полосы въ воду различной температуры, пока не получалось такое же отклоненіе; это и была значитъ температура развивающаяся при сжиманіи ¹).

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ мы обязаны принимать весьма тщательно устроенный инструментъ за образцовый, какъ напр. образцовый термометръ или барометръ. Но тогда лучше всего употреблять всѣ худшіе инструменты только сравнительно и опредѣлять величину ихъ скалъ посредствомъ сравненія съ принятымъ образцомъ.

Систематическое производство измѣреній.

Когда нужно произвести большое число точныхъ измѣреній, тогда слѣдуетъ сдѣлать извѣстное число опредѣленій съ скрупулезною точностью и потомъ употреблять ихъ какъ точки опоры для остающихся опредѣленій. При тригонометрическихъ съемкахъ страны главная тріангуляція опредѣляетъ относительныя положенія и разстоянія немногихъ точекъ со строгою точностью. Меньшая тріангуляція относитъ каждый выдающійся холмъ или деревню къ одному изъ главныхъ пунктовъ и затѣмъ подробности наносятся уже по отношенію къ второстепеннымъ пунктамъ. Съемка неба произведена по-

---

¹) Phil. Trans. 1859, v. CXLIX. p. 119 etc.

добнымъ же образомъ. Древніе астрономы сравнивали прямыя восхожденія немногихъ главныхъ звѣздъ съ луною и такимъ образомъ опредѣляли ихъ положеніе относительно солнца; а меньшія звѣзды были потомъ относимы къ главнымъ звѣздамъ. Тихо слѣдовалъ тому же методу, исключая того, что онъ вмѣсто луны употреблялъ медленнѣе движущуюся планету Венеру. Флемстидъ обыкновенно употребляетъ около семи звѣздъ благопріятно расположенныхъ въ пунктахъ во всѣхъ странахъ неба. Въ его раннихъ наблюденіяхъ разстоянія другихъ звѣздъ отъ этихъ главныхъ пунктовъ были опредѣлены посредствомъ квадранта [1]). Даже послѣ введенія пассажнаго телескопа и стѣннаго круга, въ Гринвичѣ были составлены таблицы главныхъ звѣздъ, показывавшія положеніе ихъ, опредѣленное со всевозможною точностью, такъ что они могли быть употребляемы астрономами какъ исходные пункты для другихъ опредѣленій.

При опредѣленіи удѣльнаго вѣса веществъ всѣ газы относятся къ атмосферному воздуху при данной температурѣ и давленіи; а всѣ жидкости и твердыя тѣла относятся къ водѣ. Намъ нужно только съ большою точностью сравнить плотности воды и воздуха и затѣмъ уже можно опредѣлить сравнительныя плотности какихъ угодно двухъ веществъ.

При сравненіи весьма большой величины съ весьма малою обыкновенно бываетъ выгодно разбить процессъ на нѣсколько стадій, употребляя промежуточные термины сравненія. Никому бы не пришло въ голову измѣрять разстояніе отъ Лондона до Эдинбурга, прикладывая измѣряющую единицу на протяженіи всего разстоянія. Избирается базисъ въ нѣсколько миль на ровномъ мѣстѣ и сравнивается съ одной стороны съ образцовымъ ярдомъ, а съ другой съ разстояніемъ между Лондономъ и Эдинбургомъ или другими двумя пунктами посредствомъ тригонометрической съемки. Также точно было бы трудно сравнить свѣтъ звѣзды съ свѣтомъ солнца, который около тридцати тысячъ милліоновъ разъ сильнѣе; но Гершель произвелъ такое сравненіе [2]), употребивши полную луну какъ промежуточную единицу. Волластонъ опредѣлилъ, что солнце даетъ въ 801,072 разъ больше свѣта, чѣмъ полная луна, а Гершель опредѣлилъ, что свѣтъ послѣдней превосходитъ въ 27,408 разъ свѣтъ α Центавра, такъ что отношеніе между свѣтомъ солнца и звѣзды есть около 22,000,000,000 къ 1.

---

[1]) Бейли, Account of Flamsteed, p. 378—380.

[2]) Гершель, Astronomy, § 817. 4 ed. p. 553.

Маятникъ.

Самый совершенный и прекраснѣйшій изъ всѣхъ инструментовъ измѣренія есть маятникъ. Состоя просто изъ тяжелаго тѣла, привѣшеннаго свободно въ неизмѣняющемся разстояніи отъ неподвижной точки прикрѣпленія, онъ представляетъ самое простое устройство; однако всѣ высшія задачи физическаго измѣренія зависятъ отъ тщательнаго примѣненія его. Его необыкновенное достоинство происходитъ отъ двухъ обстоятельствъ.

1, Методъ повторенія вполнѣ примѣнимъ къ нему, какъ было уже объяснено (стр. 275).

2, Онъ соединяетъ три различныя качества, времени, пространства и силы, чего нѣтъ въ другихъ инструментахъ.

Во многихъ физическихъ сочиненіяхъ показано, что когда качанія маятника неопредѣленно малы, то квадратъ времени, занимаемаго однимъ качаніемъ, прямо пропорціоналенъ длинѣ маятника и обратно пропорціоналенъ дѣйствующей на него силѣ, какого бы рода она ни была. Вся теорія маятника содержится въ формулѣ, впервые данной Гюйгенсомъ въ его Horologium Oscillatorium.

Время качанія$=3{,}14159\times\sqrt{\frac{\text{длина маятника}}{\text{сила}}}$. Количество 3,14159 есть постоянное отношеніе окружности круга къ радіусу и извѣстно съ точностью. Поэтому, когда даны два какія-нибудь изъ этихъ трехъ количествъ, то можетъ быть найдено и третье; или если два какія-нибудь количества будутъ оставаться неизмѣнными, то не измѣнится и третье. Поэтому маятникъ неизмѣнной длины, привѣшенный въ одной какой нибудь точкѣ, гдѣ сила тяжести можетъ считаться постоянною, даетъ мѣру времени. Тотъ же самый неизмѣнный маятникъ, если его заставить качаться въ различныхъ точкахъ земной поверхности, и если время его качаній опредѣлять астрономически, даетъ средство точно узнать силу тяжести. Наконецъ, зная силу тяжести и время качанія опредѣленное по звѣздамъ, можно опредѣлить длину маятника.

Всѣ астрономическія наблюденія основываются на первомъ способѣ употребленія маятника, именно въ астрономическихъ часахъ. Второй способъ употребленія его почти столь же необходимъ. Основной принципъ, что тяготѣніе одинаково во всей матеріи, былъ доказанъ опытами Ньютона и Гаусса съ маятникомъ. Крутительный маятникъ Мичеля, Кавендиша и Бейли основывающійся на тѣхъ же принципахъ какъ и обыкновенный маятникъ далъ возможность опредѣлить плотность земли, одну изъ самыхъ важныхъ естественныхъ постоянныхъ. Катеръ и Сабинъ наблюденіями съ маятникомъ въ различныхъ частяхъ земли опредѣлили разницу въ тяжести, что привело къ опредѣленію сплюснутости земли. Законы электрическаго и магнитнаго притяженія были также опредѣлены методомъ качаній, который постоянно употребляется при измѣреніи горизонтальной силы земнаго магнетизма.

Мы не должны смѣшивать обыкновеннаго употребленія маятника съ тѣмъ примѣненіемъ, какое сдѣлалъ изъ него Ньютонъ, чтобы показать отсутствіе внутренняго тренія о пространство [1]) или для опредѣленія законовъ движенія и упругости [2]). Въ этихъ случаяхъ размахъ качанія есть измѣряемое количество и принципы инструмента различны.

Достижимая точность измѣренія.

Интересно сравнить степени точности, которыя могутъ быть достигнуты при измѣреніи разныхъ родовъ величинъ. Немногія измѣренія точны болѣе чѣмъ до шести значныхъ цифръ [3]), но рѣдко можно достигнуть подобной точности. Время представляетъ величину способную къ самому точному измѣренію, благодаря свойствамъ маятника и принципу повторенія описанному выше. Что касается короткихъ промежутковъ времени, то уже было сказано, что Эри удалось опредѣлить одну часть въ 8,640,000 частяхъ,—точность, какъ онъ справедливо замѣчаетъ, «почти невообразимая». Отношеніе между среднимъ солнечнымъ и звѣзднымъ днемъ извѣстно до одной сто милліонной части или до 8 десятичныхъ цифръ (стр. 274).

Далѣе по степени точности слѣдуютъ опредѣленія вѣса, благодаря тому факту, что къ нимъ примѣнимо повтореніе безъ ошибки. Обыкновенные хорошіе вѣсы должны показывать одну часть въ 500,000 частяхъ груза. Самые тонкіе вѣсы, употреблявшіеся Стасомъ, показывали одну часть въ 825,000 частяхъ груза [4]). Но вѣсы, какъ извѣстно, устраивались такъ, чтобы показывать одну часть въ милліонѣ [5]), а Рамсденъ, говорятъ, устроилъ для королевскаго общества въ Лондонѣ такіе вѣсы, что они чувствуютъ одну семимилліонную часть, хотя это едва ли вѣроятно: Клеркъ Максуель считалъ вѣроятнымъ, что можетъ быть открыта одна часть въ пяти милліонахъ частей; но мы должны различать между тѣмъ, когда вѣсы дѣйствуютъ вновь и когда они находятся въ постоянномъ употребленіи.

---

[1]) Principia, к. II, от. 6, пол. 31. Переводъ Мотте, v. II, p. 107.

[2]) Ibid., кн. I: Законъ VIII. Выв. 6.

[3]) Томсонъ и Тетъ, Natural Philosophy, v. I. p. 333.

[4]) First Annal Report of the Mint, p. 106.

[5]) Джевонсъ въ Dictionary of Chemistry, Ваттса v. I, p. 483.

Опредѣленія длины, если они производятся безъ крайней тщательности, часто подвержены ошибкамъ при соположеніи измѣряющихъ единицъ. Даже при измѣреніи базиса въ тригонометрической съемкѣ обыкновенно достигаемая точность составляетъ одну часть въ 60,000 или дюймъ въ милѣ; но говорятъ, что въ четырехъ измѣреніяхъ базиса, произведенныхъ недавно на мысѣ Коморинѣ, наибольшая ошибка была 0,077 дюйма на 1,68 мили, или одна часть въ 1,382,400, почти невѣроятная степень точности. Уитвортъ показалъ, что осязаніе есть болѣе тонкій способъ измѣренія длины, чѣмъ зрѣніе, и посредствомъ великолѣпно устроеннаго винта и небольшаго желѣзнаго куба помѣщеннаго между двумя имѣвшими плоскіе концы желѣзными полосами, такъ чтобы онъ держался, касаясь ихъ, онъ могъ открывать измѣненіе въ длинѣ полосы составлявшее не болѣе одной милліонной доли дюйма [1]).

---

[1]) British Association, Glasgow, 1856. Adress of the President of the Mechanical Section.

ГЛАВА XIV.

ЕДИНИЦЫ И ОБРАЗЦЫ МѢРЪ.

Какъ мы уже видѣли, инструменты измѣренія даютъ намъ только средства сравнивать одну величину съ другою, и какъ общее правило, мы должны взять какую нибудь произвольную величину, въ терминахъ которой должны быть выражены всѣ результаты измѣренія. Одни отношенія между какими нибудь серіями предметовъ никогда не покажутъ намъ ихъ абсолютныхъ величинъ; мы должны имѣть хоть одно отношеніе для каждаго предмета и кромѣ того должны имѣть одну абсолютную величину. Число отношеній n можетъ быть выражено въ n уравненіяхъ, которыя будутъ содержать по крайней мѣрѣ n+1 количествъ, такъ что если мы употребляемъ ихъ для того, чтобы узнать n величинъ, то должны имѣть одну извѣстную величину. Поэтому измѣряемъ ли мы время, пространство, плотность, массу, вѣсъ, силу или какое нибудь другое физическое качество, мы должны относить ихъ къ какому нибудь конкретному образцу, какому нибудь дѣйствительному предмету, который, если потеряется безвозвратно, то всѣ наши мѣры потеряютъ свое абсолютное значеніе. Такой конкретный образецъ во всѣхъ случаяхъ произволенъ съ точки зрѣнія теоріи и выборъ его есть вопросъ практическаго удобства.

Есть однако два рода величинъ, которыя не нужно выражать въ терминахъ произвольныхъ конкретныхъ единицъ, такъ какъ они предполагаютъ существованіе естественныхъ образцовыхъ единицъ. Одинъ родъ—это само отвлеченное число, которое не нуждается въ спеціальной единицѣ, потому что всякій предметъ существующій или мыслимый какъ отдѣльный отъ другихъ предметовъ (стр. 154) даетъ намъ собою единицу и есть единственный нужный образецъ.

Угловая величина есть второй случай, въ которомъ мы имѣемъ естественную единицу сравненія, это полный оборотъ или *перигонъ*, какъ онъ былъ названъ Сандеманомъ [1]). Необходимый результатъ однородности свойствъ пространства тотъ, что всѣ полные обороты равны другъ другу, такъ что намъ нѣтъ надобности выбирать одинъ какой нибудь полный оборотъ, но мы каждый разъ можемъ прямо обращаться къ самому пространству. Возьмемъ ли мы полный перигонъ, его половину или четверть, это въ сущности неважно; Эвклидъ бралъ прямой уголъ, потому что греческіе геометры не обобщали своихъ понятій объ угловой величинѣ до того, чтобы обнять углы всѣхъ величинъ или неограниченнаго количества всего оборота. эвклидъ опредѣляетъ прямой уголъ какъ половину того угла, который составляетъ линія съ своимъ собственнымъ продолженіемъ, который конечно равенъ половинѣ всего оборота, но который онъ не считалъ угломъ. Въ математическомъ анализѣ взята иная часть перигона, именно такая часть, чтобы дуга или часть окружности заключающаяся въ ней была равна радіусу круга. Съ этой точки зрѣнія угловая величина есть отвлеченное отношеніе, именно отношеніе между длиною дуги и длиною радіуса. Геометрическая единица есть поэтому уголъ соотвѣтствующій этой единицѣ отношенія. Этотъ уголъ почти равенъ $57^\circ, 17', 44'',8$ или въ десятичаныхъ дробяхъ $57^\circ, 295779513\ldots$ [2]). Де Морганъ назвалъ его *дуговой единицей*, но болѣе удобнымъ названіемъ для общаго употребленія было бы *радіанъ*, какъ предлагалъ Эвереттъ. Хотя этотъ образцовый уголъ естественно употребляется въ математическомъ анализѣ, и всякая другая единица произвела бы большое усложненіе, однако мы не должны смотрѣть на нее, какъ на особую единицу, такъ какъ величина ея связана съ величиною перигона посредствомъ естественной постоянной 3,14159... обыкновенно обозначаемой буквою π.

Переходя затѣмъ къ другимъ видамъ количества, мы видимъ, что выборъ единицы для нихъ вполнѣ произволенъ. Рѣшительно нѣтъ другаго способа опредѣлить длину, какъ только взять какой нибудь физическій предметъ, заключающій эту длину между опредѣленными очевидными точками, каковы напр. концы линейки или знаки сдѣланные на ея поверхности.

Образцовая единица времени.

Время есть великая независимая перемѣнная всякихъ измѣненій; оно само течетъ непрерывно и производитъ разнообразіе, которое мы называемъ движеніемъ и жизнью. Время, если мы станемъ размышлять о его внутренней природѣ, оказывается, подобно всякому другому элементу существованія, непостижимой тайной. Мы можемъ только сказать вмѣстѣ въ св. Августиномъ всякому, кто спроситъ у насъ, что такое время: „я знаю это, когда вы меня не спрашиваете». Умъ человѣческій предлагаетъ вопросы, на которые никогда не получится отвѣта; но результатъ вѣрной и строгой логической философіи долженъ убѣдить насъ въ томъ, что научное объясненіе возможно только для явленій, которыя имѣютъ нѣчто общее, но когда мы спускаемся до первичныхъ понятій, каковы время и пространство, тогда умъ встрѣчаетъ таинственную границу, за которую онъ не можетъ проникнуть. Мы напрасно стали бы искать опредѣленія времени; если мы скажемъ съ Гоббесомъ[1]), что это „образъ прежде и послѣ, находящійся въ движеніи“, или вмѣстѣ съ Аристотелемъ, что оно есть „число движенія относительно перваго и послѣдняго“, то очевидно ничего не пріобрѣтаемъ, потому что въ самыхъ выраженіяхъ *прежде* и *послѣ* или *первый* и *послѣдній* уже заключается понятіе времени. Время есть несомнѣнно одно изъ тѣхъ первичныхъ понятій, которыя могутъ быть опредѣлены только физически, или посредствомъ наблюденія явленій, которыя происходятъ во времени.

---

[1]) Pelicotetics or the Science of Quantity; an Elementary Treatise on Algebra and its groundwork Arithmetic. By Archibald Sandeman, 1868, p. 304.

[2]) Де Морганъ Trigonometry and Double Algebra, p. 5.

Если мы и не сдѣлали ни одного шага дальше остроумныхъ размышленій Августина объ этомъ предметѣ [1]), то за то сдѣланъ удивительный прогрессъ въ практическихъ измѣреніяхъ его теченія. Въ прежнія времена грубые солнечные часы или восхожденіе замѣтной звѣзды представляли точки отправленія, между тѣмъ какъ вытеканіе воды изъ клепсидры, горѣніе свѣчи или въ монастыряхъ непрерывное пѣніе псалмовъ были средствами для грубаго подраздѣленія періодовъ и для обозначенія часовъ дня и ночи [2]). Солнце и звѣзды давали образцовую единицу времени, но нужно было еще найти средство точнаго подраздѣленія, и такое средство дано было маятникомъ и хронографомъ. Помощью маятника мы можемъ точно раздѣлить день на секунды времени. А посредствомъ хронографа мы можемъ подраздѣлить секунду на сотыя, тысячныя и даже милліонныя части. Уитстонъ измѣрилъ продолжительность электрической искры и нашелъ, что она составляетъ не болѣе одной 115,200-ой части секунды, а недавно капитанъ Нобль успѣлъ замѣтить промежутокъ времени не превосходившій милліонной части секунды.

Если мы обратимся къ изслѣдованію того, въ чемъ же собственно состоитъ то явленіе, которое мы измѣряемъ до такой малой величины, то встрѣчаемъ непреодолимыя трудности. Ньютонъ различалъ время, смотря по тому, есть ли оно *абсолютное* или *видимое* время, говоря: «Абсолютное, истинное и математическое время, само по себѣ и по своей собственной природѣ, течетъ равномѣрно безъ всякаго отношенія къ чему нибудь внѣшнему и извѣстно подъ другимъ названіемъ *продолжаемости*; время же относительное, видимое и обыкновенное; есть замѣтная и внѣшняя мѣра продолжаемости посредствомъ движенія [1]). Хотя мы и принуждены предполагать существованіе равномѣрно возрастающаго количества, которое мы называемъ временемъ, однако мы не можемъ ни чувствовать, ни знать отвлечоннаго или абсолютнаго времени. Продолжаемость можетъ стать для насъ очевидною вслѣдствіе повторенія какого нибудь явленія. Преемственность или послѣдовательное теченіе нашихъ мыслей есть конечно первая и самая простая мѣра времени, но только весьма грубая, потому что у однихъ лицъ и при однихъ обстоятельствахъ мысли текутъ съ большей быстротой, чѣмъ у другихъ лицъ и при другихъ обстоятельствахъ. При отсутствіи всѣхъ другихъ явленій промежутокъ между одною мыслью и другою необходимо становится единицею времени, но самое поверхностное наблюденіе показываетъ, что измѣненія во внѣшнемъ мірѣ гораздо болѣе пригодны по своему постоянству для измѣренія времени, чѣмъ измѣненія происходящія въ нашихъ мысляхъ.

---

[1]) *Исповѣдь*, кн. XI, главы 20 — 28.

[2]) Льюисъ приводитъ многія любопытныя подробности относительно измѣренія времени въ его Astronomy of the Ancients, p. 241 etc.

Земля, какъ я уже сказалъ, представляетъ настоящіе часы для астронома и практически предполагается, что она неизмѣнна въ своихъ движеніяхъ. Но на какомъ основаніи это предполагается? Согласно первому закону движенія всякое тѣло удерживаетъ свое состояніе покоя или равномѣрнаго движенія по прямой линіи до тѣхъ поръ, пока силы дѣйствующія на него не заставятъ его измѣнить это состояніе. Вращательное движеніе подчиняется тому же условію, т. е. остается равномѣрнымъ, если не возмущается внѣшними силами. Но равномѣрное движеніе означаетъ движеніе или прохожденіе равныхъ пространствъ въ равныя времена, такъ что если мы имѣемъ тѣло не подлежащее никакому сопротивленію или возмущенію и можемъ измѣрить равныя пространства его пути, то мы имѣемъ совершенную мѣру времени. Но не нужно забывать, что этотъ законъ никогда не былъ безусловно доказанъ опытомъ; потому что мы не можемъ указать никакого тѣла и сказать, что оно не испытываетъ никакого сопротивленія или возмущенія; и даже если бы мы имѣли такое тѣло, то должны были бы также имѣть какую нибудь независимую образцовую единицу времени, для удостовѣренія въ томъ, что его движеніе дѣйствительно равномѣрно. Такъ какъ въ самихъ движущихся тѣлахъ мы находимъ наилучшую образцовую единицу времени, то мы не можемъ употреблять ихъ для доказательства равномѣрности ихъ собственныхъ движенiй, что было бы ошибкою называемою petitio principii (иначе—кругъ въ доказательствѣ). Нашъ опытъ показываетъ намъ, что когда мы изслѣдуемъ и сравнимаемъ движенiя тѣлъ, которыя кажутся намъ свободными отъ возмущенiй, то находимъ, что они даютъ почти совершенно согласныя мѣры времени. Если бы какое нибудь тѣло, которое представляется намъ движущимся равномѣрно, на самомъ дѣлѣ не имѣло такого движенiя и двигалось бы съ остановками и перерывами неизвѣстными намъ, потому что мы не имѣемъ абсолютной образцовой единицы времени, тогда всѣ другiя тѣла должны были бы имѣть подобныя же произвольныя остановки и перерывы, а иначе было бы несогласiе въ ихъ движенiяхъ указывающее на эту неправильность ихъ. Какъ при сравненiи нѣсколькихъ хронометровъ, мы сейчасъ же нашли бы дурной и неправильно идущiй сравнительно съ другими, такъ и въ природѣ мы открываемъ возмущенное движенiе по его несогласiю съ движенiями другихъ тѣлъ, которыя мы считаемъ невозмущенными и которыя близко согласны между собою. Но такъ какъ мѣра движенiя предполагаетъ время, а мѣра времени предполагаетъ движенiе, то мы должны наконецъ остановиться на какомъ нибудь предположенiи. Мы можемъ опредѣлить равныя времена, какъ такiя времена, въ теченiи которыхъ движущееся тѣло не находящееся подъ влiянiемъ силы описываетъ равныя пространства [1]); но все, что мы можемъ сказать въ пользу этого опредѣленiя, это—что оно неведетъ ни къ какимъ извѣстнымъ трудностямъ и что при нашихъ самыхъ лучшихъ опытахъ одно свободно движущееся тѣло даетъ совершенно такiе же результаты какъ и всякое другое тѣло.

---

[1]) Principia, кн. I. Scholium ad Definitiones. Англійскій пер. Мотта, v. I. p. 9. 11.

Если мы станемъ спрашивать, гдѣ же мы видимъ такое свободно движущееся тѣло, то не получимъ вполнѣ удовлетворительнаго отвѣта. Практически вращающаяся земля представляетъ довольно точный примѣръ, и у Томсона и Тета сказано: «равныя времена суть такiя времена, въ теченiи которыхъ земля поворачивается на равныя углы» [2]). Еще не такъ давно астрономы считали невозможнымъ открыть какое нибудь неравенство въ ея движенiи. Всѣ считали дѣйствительнымъ доказательство Пуассона, что измѣненiе въ длинѣ сидерическаго дня, составляющее около одной десяти-миллiонной въ теченiи 2,500 лѣтъ было бы несогласно съ древнимъ затмѣнiемъ, извѣстiе о которомъ сохранено халдеями. Подобныя вычисленiя были сдѣланы и Лапласомъ. Но въ настоящее время извѣстно, что эти вычисленія были нѣсколько ошибочны и что разсѣяніе живой силы происходящее отъ тренія приливныхъ волнъ и лучеиспусканія теплоты въ пространство слегка уменьшили быстроту вращательнаго движенія земли. Сидерическій день теперь на одну 2,700,000-ю часть длиннѣе чѣмъ онъ былъ въ 720 г. до Р. Хр. Даже прежде этого открытія было извѣстно, что неизмѣнность вращенія земли зависитъ отъ совершеннаго сохраненія внутренней теплоты земли, которое нужно для того, чтобы размѣры земли оставались неизмѣнными. Но такъ какъ температура земли выше температуры міроваго пространства, то она должна охлаждаться болѣе или менѣе быстро, такъ что она не можетъ представлять абсолютной мѣры времени. Подобныя же возраженія можно представить противъ всѣхъ другихъ извѣстныхъ намъ вращающихся тѣлъ.

---

[1]) Ранкинъ, Phil. Mag. Feb. 1867, v. XXXIII p. 91.

[2]) Treatise on Natural Philosophy v. I. p. 179.

Движеніе луны вокругъ земли и движеніе земли вокругъ солнца представляютъ другую наилучшую мѣру времени. Они также подвержены возмущеніямъ отъ другихъ планетъ; но признано, что эти возмущенія имѣютъ періодическій и ритмическій ходъ, такъ что среднія разстоянія остаются неизмѣнными, а слѣдовательно по третьему закону Кеплера, времена ихъ періодовъ не измѣняются. Но есть болѣе основаній думать, что земля испытываетъ легкое сопротивленіе, проходя по пространству, подобное тому сопротивленію, которое столь явно у кометы Энке. Также возможно разсѣяніе живой силы въ электрическихъ отношеніяхъ между землею и солнцемъ, можетъ быть тожественное съ тѣмъ, какое обнаруживается въ замедленіи кометъ¹). Поэтому едвали можно считать вѣрнымъ предположеніе, что земная орбита остается совершенно неизмѣнною. Но очень возможно, что впослѣдствіи какое нибудь другое тѣло представитъ лучшую образцовую единицу времени, чѣмъ годовое движеніе земли. Значительно большая масса Юпитера и его спутниковъ и ихъ большее разстояніе отъ солнца могутъ дѣлать электрическое разсѣяніе живой силы менѣе значительнымъ, чѣмъ у земли. Но вопросъ о выборѣ наилучшей мѣры всегда будетъ оставаться открытымъ и какое бы движущееся тѣло мы ни взяли, но затѣмъ можетъ оказаться, что оно подвержено возмущающимъ силамъ.

Маятникъ, хотя и удивительный инструментъ для подраздѣленія времени, однако оказывается несостоятельнымъ, какъ образцовая единица; потому что хотя одинъ и тотъ же маятникъ подъ вліяніемъ одной и той же силы тяжести совершаетъ равныя качанія въ равныя времена, однако малѣйшее измѣненіе въ формѣ или вѣсѣ маятника, малѣйшая порча въ какой нибудь части его, самое ничтожное перемѣщеніе точки привѣса даетъ ложные результаты, и кромѣ

---

¹) Proceedings of the Manch. Phil. Soc. 28 Nov. 1871. v. XI p. 33.

того возникаетъ много другихъ трудныхъ вопросовъ относительно температуры, тренія, сопротивленія, ширины размаха качанія и проч.

Томсонъ и Тетъ держатся того мнѣнія [1]), что послѣдняя образцовая единица хронометріи должна основываться на физическихъ свойствахъ какого нибудь тѣла съ болѣе постояннымъ характеромъ, чѣмъ земля, наприм. тщательно устроенная металлическая пружина, герметически запаянная въ безвоздушномъ пространствѣ стекляннаго сосуда. Но трудно себѣ представить, какимъ образомъ мы можемъ быть увѣрены въ томъ, что размѣры и упругость куска обыкновеннаго желѣза останутся совершенно неизмѣнными въ теченіи нѣсколькихъ милліоновъ лѣтъ, на которые онъ разсчитанъ. Какой нибудь почти совершенный газъ (едва ли существующій) могъ бы быть единственнымъ веществомъ, на неизмѣняемую упругость котораго мы могли бы разсчитывать. Кромѣ того трудно представить, какимъ образомъ можно было бы съ требуемою точностью наблюдать качанія такой пружины. Недавно Клеркъ Максуэль подалъ новую мысль, разсматриваемую въ одномъ изъ слѣдующихъ параграфовъ, что волнообразныя движенія свѣта въ пустотѣ могутъ представить самую всеобщую единицу сравненія какъ для времени, такъ и для пространства. По этой системѣ единицей времени было бы время, занимаемое свѣтовой волной одного какого нибудь цвѣта, а длина этой волны составляла бы единицу длины.

Единица пространства и образцовая линейка.

По важности за измѣреніемъ времени слѣдуетъ измѣреніе пространства Въ теоріи время занимаетъ первое мѣсто, потому что явленія, наприм. наши мысли, могутъ измѣняться во времени, независимо отъ пространства. Что касается до явленій внѣшней природы, то они болѣе и болѣе разрѣшаются въ движенія частицъ и самое движеніе не можетъ быть представлено или измѣрено безъ отношенія какъ ко времени, такъ и къ пространству.

Обращаясь теперь къ измѣренію пространства, мы находимъ, что почти также трудно утвердить и опредѣлить однажды навсегда и единицу величины. Есть три различныхъ способа, которые были предложены для сохраненія навсегда образцовой длины.

1. Сдѣлать дѣйствительный экземпляръ образцоваго ярда или метра въ формѣ линейки.

2. Принять земной шаръ послѣднимъ образцомъ величины, такъ чтобы практическая единица составляла какую нибудь часть какого нибудь размѣра земли.

---

[1]) The Elements of Natural Philosophy, p. I, p. 119.

3. Принять за образецъ для сравненія длину простаго секунднаго маятника.

При первомъ взглядѣ можетъ показаться, что это дѣло не представляетъ большой трудности и что каждый изъ этихъ способовъ можетъ быть удовлетворительнымъ; но чѣмъ ближе мы вникаемъ въ подробности, тѣмъ безнадежнѣе кажется попытка установить неизмѣняющійся образецъ. Прежде всего мы должны указать на принципъ, не очевидный съ перваго раза, именно, что образцовая длина должна опредѣляться однимъ и единственнымъ предметомъ [1]). Сдѣлать двѣ линейки совершенно одинаковой длины или даже двѣ линейки, находящіяся въ совершенно опредѣленномъ отношеніи одна къ другой—это выше средствъ человѣческаго искуства. Если бы были сдѣланы двѣ копіи съ образцоваго метра и найдены одинаково вѣрными, то будущіе изслѣдователи конечно нашли бы между ними какую нибудь разницу, которая конечно доказывала бы, что они оба не могутъ быть образцомъ и послужила бы поводомъ къ спору, какую же величину считать правильною.

Если же была бы сдѣлана и сохранялась одна неизмѣнная линейка, какъ безусловный образецъ, то не могло бы возникнуть никакого неудобства. Каждое послѣдующее поколѣніе, пріобрѣтая лучшіе способы измѣренія, открывало бы ошибки въ копіяхъ съ образца, но самый образецъ оставался бы безукоризненнымъ, и постепенно становился бы болѣе и болѣе точно извѣстнымъ. Къ сожалѣнію сдѣлать и сохранять метръ или ярдъ — это также дѣло, которое или невозможно или, что тоже самое, не можетъ быть доказана его возможность. Не говоря уже о практической трудности опредѣлить концы образцовой длины съ совершенною точностью, точками ли или чертами на поверхности линейки или конечными точками самой линейки, мы не имѣемъ средствъ доказать, что вещества сохраняютъ неизмѣнные размѣры. Какъ мы не можемъ сказать, равномѣрно ли движеніе земли, если прежде не сравнимъ его съ другими движущимися тѣлами, признанными болѣе равновѣрными въ своемъ движеніи, также точно мы не можемъ открыть измѣненія длины линейки иначе, какъ сравнивая ее съ какою нибудь другою линейкою предполагаемою неизмѣнною. Но какимъ образомъ мы узнаемъ, какая же линейка неизмѣнна? Извѣстно, что многія твердыя и повидимому неизмѣнныя вещества измѣняются въ размѣрахъ. Шарикъ термометра несомнѣнно сжимается отъ времени и кромѣ того подвергается быстрымъ измѣненіямъ въ размѣрахъ, если его нагрѣвать или охлаждать на 100° Ц. Можемъ ли мы быть увѣрены, что самыя твердыя металлическія линейки не сокращаются немного отъ времени или не подвергаются измѣненіямъ въ структурѣ отъ измѣненія температуры. Физо пробовалъ, можетъ ли кристаллъ кварца, подвергавшійся сотнямъ измѣненій температуры, измѣниться въ своихъ физическихъ свойствахъ и не въ состояніи былъ замѣтить никакого измѣненія въ коэфиціентѣ расширенія [1]).

---

[1]). Гаррисъ, Essay upon Money and Coins, p. II, 1758, p. 127.

По моему мнѣнію лучше всего было бы положить въ основаніе способа сохраненія образцовой длины тотъ принципъ, что если измѣненіе длины и происходитъ, то оно по всей вѣроятности имѣетъ различную величину въ различныхъ веществахъ. Поэтому если бы было устроено большое число образцовыхъ метровъ изъ разныхъ металловъ и сплавовъ, изъ твердыхъ горныхъ породъ, каковы гранитъ, змѣевикъ, сланецъ, кварцитъ, известнякъ, или изъ искуственныхъ веществъ, каковы фарфоръ, стекло и проч., то тщательное сравненіе производимое отъ времени до времени показало бы измѣненіе длины этихъ различныхъ веществъ. Наиболѣе измѣняющіяся вещества представили бы наибольшую разницу въ длинѣ, а образцовой длиной была бы средняя величина тѣхъ, которые наиболѣе согласны между собою, подобно тому какъ равномѣрное движеніе есть движеніе тѣхъ тѣлъ, которые наиболѣе согласны между собою въ показаніяхъ теченія времени.

Земной шаръ какъ образецъ.

Второй методъ предполагаетъ, что земной шаръ есть тѣло, размѣры котораго неизмѣнны, и основатели метрической системы выбрали десятимилліонную часть разстоянія отъ экватора до полюса какъ опредѣленіе метра. Первый недостатокъ въ этомъ метрѣ тотъ, что землю никакъ нельзя считать неизмѣнною по величинѣ, потому что мы знаемъ, что температура ея выше температуры окружающаго ее пространства и должна медленно охлаждаться и сжиматься. Есть много основаній думать, что всѣ землетрясенія, вулканы, горныя поднятія и измѣненія морскаго уровня представляютъ доказательства такого сжатія, какъ утверждаетъ Маллетъ [2]). Но громадная велачина земли и продолжительность ея прежняго существованія таковы, что ея сжиманіе навѣрное идетъ медленнѣе сравнительно съ сжиманіемъ всякой линейки или другаго вещественнаго образца, какой можетъ быть устроенъ.

Вторая и главная трудность этого метра заключается въ громадной величинѣ земли, вслѣдствіе которой мы можемъ производить сравненіе съ послѣднимъ образцомъ не иначе, какъ посредствомъ тригонометрической съемки самой тщательной и требующей большихъ хлопотъ. Французскіе физики, первые предложившіе этотъ методъ, пытались обойти это неудобство, произведши съемку однажды навсегда и затѣмъ сдѣлавши образцовый метръ, который составлялъ бы ровно десятимилліонную часть разстоянія отъ полюса до экватора. Но такъ какъ всякія измѣряющія операціи только приблизительны, то и эту операцію невозможно было произвести вполнѣ успѣшно. Поэтому въ 1838 г. было доказано, что французскій метръ былъ ошибоченъ въ значительной степени, именно на одну 5527-ю часть. Поэтому оказывалось необходимымъ или измѣнить длину принятаго метра или отказаться отъ его предполагаемаго отношенія къ размѣрамъ земли. Французское правительство и международная метрическая коммисія по очевиднымъ основаніямъ рѣшили вопросъ въ пользу послѣдняго предположенія и такимъ образомъ возвратились къ первому методу опредѣленія метра данной линейкой. Такъ какъ съ теченіемъ времени отношеніе между этимъ принятымъ образцовымъ метромъ и четвертью окружности земнаго будетъ шара становиться болѣе точно извѣстнымъ, то мы имѣемъ средство возстановить этотъ метръ въ случаѣ нужды, обратившись къ земному шару. Но до тѣхъ поръ, пока линейка-метръ не потеряна, не уничтожена или вообще не дискредитирована на какомъ нибудь ясномъ основаніи, она остается образцомъ, а не земной шаръ. Томсонъ и Тетъ замѣчаютъ, что какое угодно изъ наиболѣе точныхъ измѣреній англійской тригонометрической съемки можетъ подобнымъ же образомъ служить для возстановленія англійскаго образцоваго ярда, въ терминахъ котораго выражены результаты съемки.

---

[1]) Phil. Mag. 1868, 4 ser. v. XXXVI. p. 32.

[2]) Proceed. of the Royal Soc. 20 Iun., 1872, v. XX. p. 438.

Образцовый маятникъ.

Третій методъ опредѣленія образцовой длины посредствомъ секунднаго маятника былъ въ первый разъ предложенъ Гюйгенсомъ и былъ одно время принятъ англійскимъ правительствомъ. Изъ принципа маятника ясно видно, что если время качанія и сила дѣйствующая на маятникъ останутся тѣже, то и длина маятника должна быть таже. Но и здѣсь мы не избѣгаемъ теоретическихъ трудностей, потому что мы должны предположить, что притяженіе тяжести на какомъ нибудь пунктѣ земной поверхности, положимъ въ Лондонѣ, не измѣняется съ теченіемъ времени и что сидерическій день тоже не измѣняется. Но ни одно изъ этихъ предположеній не можетъ считаться безусловно вѣрнымъ, насколько мы можемъ судить. Словомъ, маятникъ есть только не прямое средство основывать одно физическое количество пространства на двухъ другихъ количествахъ времени и силы.

Но практическія трудности гораздо серьезнѣе, чѣмъ теоретическія. Длина маятника не есть обыкновенная длина инструмента, которая могла бы измѣняться, не дѣйствуя на продолжительность качанія, но разстояніе отъ центра привѣса до центра качанія. Но нѣтъ прямаго средства опредѣлить этотъ послѣдній центръ, который зависитъ отъ средняго количества силы всѣхъ частицъ маятника относительно центра привѣса. Гюйгенсъ открылъ, что центры привѣса и качанія взаимно обмѣнны и Катеръ показалъ, что если маятникъ, привѣшиваемый двумя различными точками, качается съ совершенно одинаковою скоростью, то разстояніе между этими точками есть настоящая длина соотвѣтствующаго простаго маятника [1]). Но практическія трудности употребленія такого маятника Катера значительны и кромѣ того нужно еще принимать въ соображеніе вопросы относительно возмущенія воздуха, силы тяжести и даже вліянія электрическихъ притяженій. Было доказано, что всѣ эксперименты сдѣланные по порученію правительства для опредѣленія отношенія между образцовымъ ярдомъ и секунднымъ маятникомъ были не точны вслѣдствіе ошибки при поправкахъ для сопротивляющейся и прилипающей силы воздуха, въ которомъ качался маятникъ. Даже когда такія поправки оказались ненужными при опытахъ въ пустотѣ, тогда возникли новыя трудности [2]). Способъ Гаусса сравнивать качанія маятника-проволоки, привѣшиваемаго въ двѣ разныя длины, представляетъ такія или еще большія трудности. Такимъ образомъ оказывается, что образцовый маятникъ не можетъ состязаться въ точности и вѣрности съ простою образцовою линейкою, и этотъ метотъ былъ бы полезенъ только какъ добавочный способъ востановить образцовую линейку, если бы на когда нибудь потерялась.

Единица плотности.

Прежде чѣмъ измѣрять явленія природы, мы должны имѣть еще третью независимую единицу, которая давала бы намъ возможность опредѣлять колиество матеріи занимающей какое нибудь данное пространство. Всѣ явленія чприроды вѣроятно составляютъ, какъ мы увидимъ, только обнаруженія живой силы; но живая сила, чтобы проявить себя, требуетъ какого нибудь субстрата ли матеріальнаго механизма частицъ, въ которомъ и посредствомъ котораго ина и можетъ проявиться. Наблюденіе показываетъ, что относительно силы можетъ быть только два вида измѣненія матеріи.

Ньютонъ въ первомъ опредѣленіи своихъ Principia говоритъ, что «количество матеріи есть мѣра ея, происходящая отъ ея плотности и объема вмѣстѣ». Поэтому сила требуемая для того, чтобы привести тѣло въ движенiе измѣняется, смотря по объему матерiи, а также и по ея качеству. Два кубическихъ дюйма желѣза однороднаго качества требуютъ вдвое больше силы чѣмъ одинъ кубическiй дюймъ для того чтобы произвести извѣстную скорость; но одинъ кубическiй дюймъ золота потребуетъ гораздо больше силы, чѣмъ одинъ кубическiй дюймъ желѣза. Поэтому въ матерiи есть какое то новое качество, отдѣльное отъ ея объема, которое можетъ быть названо *плотностью* и которое, строго говоря, выражается его способностью сопротивляться дѣйствiю силы и поглощать его. За единицу плотности мы можемъ принять плотность всякаго вещества, которое однородно по качеству и съ которымъ легко можно было бы дѣлать свѣрку отъ времени до времени. Чистая вода при опредѣленной температурѣ, напр. при температурѣ таянiя снѣга подъ обыкновеннымъ давленiемъ, представляетъ неизмѣняющiйся образецъ плотности и сравнивая равные объемы различныхъ веществъ съ такими же объемами воды при точкѣ таянiя льда относительно скорости, производимой въ единицу времени одной и тойже силой, мы можемъ опредѣлить плотности этихъ веществъ, выраженныя въ плотности воды. Въ практикѣ для измѣренiя плотности употребляется сила тяготѣнiя; потому что прекрасный опытъ съ маятникомъ, сдѣланный Ньютономъ и повторенный Гауссомъ показываетъ, что всѣ роды матерiи тяготѣютъ одинаково. О двухъ частяхъ матерiи, которыя уравновѣшиваютъ другъ друга на вѣсахъ, можно поэтому утверждать, что они обладаютъ равной инерцiей, и ихъ плотности будутъ значитъ обратно пропорцiональны ихъ кубическимъ размѣрамъ.

---

[1] Катеръ, Treatise on Mechanics, Cabinet Cyclopoedia, p. 154.

[2] Грантъ, History of Physical Astronomy, p. 156.

Единица массы.

Помножая число единицъ плотности извѣстной части матерiи на число единицъ занимаемаго ею пространства, мы получаемъ количество матерiи, или какъ оно обыкновенно называется *единицу массы*, какъ она проявляется инерцiей и тяжестью принадлежащею этой матерiи. Для простоты и удобства единицей массы должна была бы быть масса кубической единицы матерiи образцовой плотности; но основатели метрической системы взяли единицей массы кубическiй центиметръ воды при температурѣ наибольшей плотности (около 4° Ц.). Они назвали эту единицу массы *грамомъ* и сдѣлали образцовый экземпляръ килограма, съ которымъ можетъ дѣлать свѣрку всякiй, кому нужно употреблять точные вѣса. Къ сожалѣнiю опредѣленiе объема даннаго вѣса воды при извѣстной температурѣ есть операцiя представляющая много трудностей и ее нельзя произвести въ настоящее время съ точностью большею чѣмъ около одной 5000 части, и результаты самыхъ искусныхъ экспериментаторовъ иногда разнились на одну тысячную [1]).

Съ другой стороны вѣса (гири) могутъ быть сравниваемы между собою до одной милліонной части. Поэтому если бы было сдѣлано нѣсколько разныхъ образцовъ килограма посредствомъ прямаго взвѣшиванія сравнительно съ водой, то они были бы не вполнѣ одинаковы. Два главные образцовые килограма неодинаковы какъ другъ съ другомъ, такъ и съ своимъ опредѣленіемъ. По Миллеру килограмъ хранящійся во французскомъ архивѣ вѣситъ 15432, 34874 грана, между тѣмъ какъ килограмъ находящійся въ министерствѣ внутреннихъ дѣлъ въ Парижѣ какъ образецъ для коммерческихъ надобностей вѣситъ 15432,344 грана. Такъ какъ образцовый вѣсъ сдѣланный изъ платины или платины и иридія можетъ сохраниться безъ всякаго замѣтнаго измѣненія и такъ какъ онъ можетъ быть очень точно сравниваемъ съ другими вѣсами (гирями), то мы можемъ достигнуть большой точности въ нашихъ измѣреніяхъ массы принявши одинъ какой нибудь килограмъ, какъ *временный образецъ*, и оставляя для будущихъ изслѣдованій опредѣленіе его дѣйствительной массы, въ единицахъ пространства и плотности. Это практически и дѣлается въ настоящее время и единица массы замѣняетъ мѣсто единицы плотности, какъ во французской, такъ и въ англійской системахъ. Англійскій фунтъ опредѣляется извѣстнымъ кускомъ платины, хранящимся въ Вестминстерѣ, и есть произвольная масса, взятая просто потому, что она близко подходитъ къ старому англійскому фунту. Галлонъ, старая англійская единица кубическаго измѣренія, опредѣляется такъ, что она должна содержать въ себѣ равно 10 фунтовъ воды при 62° Фар.; и хотя показано, что онъ имѣетъ вмѣстимость около 277,274 кубическихъ дюйма, однакоже это отношеніе между кубической и линейной системами измѣренія не узаконено формально, но оставлено открытымъ для изслѣдованія. Хотя французская метрическая система, какъ она составилась первоначально и была теоретически совершенна, однако практически она не отличается въ этомъ пунктѣ отъ англійской системы.

Естественная система образцовъ.

Очень недавно Клеркъ Максуэль высказалъ мысль, что волнообразныя движенія свѣта и атомы матеріи могутъ быть употреблены какъ послѣдніе образцы длины, времени и массы. Мы такимъ образомъ встрѣчаемся здѣсь съ естественною системою образцовъ, которая хотя въ настоящее время и не имѣетъ практической важности, однако представляетъ значительный практическій интересъ. «При настоящемъ состоянiи науки, говоритъ онъ, самымъ универсальнымъ образцомъ длины, который можно было бы принять, могла бы быть длина волны въ пустотѣ опредѣленнаго рода свѣта, испускаемаго какимъ нибудь обширно распространеннымъ веществомъ, напр. натрiемъ, который имѣетъ очень явственныя линiи въ своемъ спектрѣ»[1]). Подобнымъ же образомъ мы получили бы универсальную образцовую единицу времени, независимую отъ всякихъ вопросовъ о движенiи матерiальныхъ тѣлъ, еслибы взяли за единицу перiодическое время вибрацiи этого особеннаго рода свѣта, длина волны котораго принята за единицу длины. При этихъ единицахъ длины и времени единица скорости совпадала бы со скоростью свѣта въ пустомъ пространствѣ. Что касается единицы массы, то Максуэль замѣчаетъ юмористически, какъ я полагаю, что если можно надѣяться на возможность когда либо опредѣлить массу одной частицы какого нибудь образцоваго вещества, то мы должны сначала дождаться этого опредѣленiя, прежде чѣмъ устанавливать универсальный образецъ массы.

---

[1]) Клеркъ Максуэль, Theory of Heat, p. 79.

Съ теоретической точки зрѣнiя не можетъ быть никакого резоннаго сомнѣнiя въ томъ, что вибрацiи свѣта изъ всѣхъ явленiй представляютъ самую постоянную величину. Полной достовѣрности нѣтъ и здѣсь, какъ вездѣ; потому что свойства субстрата свѣта могутъ до нѣкоторой степени разниться между собою въ различныхъ частяхъ пространства. Но до сихъ поръ не было замѣчено никакой разницы въ скорости свѣта въ различныхъ частяхъ солнечной системы и спектры звѣздъ показываютъ, что времена вибрацiй не отличаются замѣтно отъ временъ въ нашей части вселенной. Такимъ образомъ все говоритъ въ пользу абсолютнаго постоянства вибрацiй свѣта, т. е. постоянства при всевозможныхъ средствахъ и способахъ изслѣдованiя, какими мы можемъ когда либо обладать. Почти такiя же соображенiя примѣняются и къ атомному вѣсу какъ образцовой единицѣ массы. Невозможно доказать, что всѣ атомы одного и того же вещества имѣютъ одинаковую массу, и нѣкоторые физики думаютъ, что они въ этомъ отношенiи разнятся между собою, такъ что постоянство пропорцiй въ химическихъ соединенiяхъ происходитъ, можетъ быть, отъ приблизительнаго постоянства средней величины безчисленныхъ миллiоновъ различныхъ вѣсовъ. Но во всякомъ случаѣ открытiе этой разницы вѣроятно превышаетъ наши средства. Поэтому съ теоретической точки зрѣнiя величины, предлагаемыя Максуэлемъ, представляются самыми постоянными изъ всѣхъ, какiя только намъ извѣстны, такъ что они становятся естественными единицами.

Но съ практической точки зрѣнiя, какъ это первый призналъ бы самъ

---

[1]) Treatise on Electricity and Magnetism, v. I. p. 3.

Максуэль, они имѣютъ мало значенія или почти никакого, потому что при настоящемъ состояніи нашей науки мы не можемъ измѣрить вибраціи или взвѣсить атома даже приблизительно съ такою точностью, какая достижима при сравненіи образцовыхъ метровъ или килограмовъ. Скорость свѣта не извѣстна намъ даже съ точностью въ предѣлахъ одной тысячной части и какъ мы будемъ идти впередъ въ знаніи свѣта, также точно будемъ дѣлать дальнѣйшіе успѣхи въ точномъ установленіи нашихъ другихъ образцовъ. Значитъ все, что только можно сказать по этому случаю, это то, что было бы весьма желательно опредѣлить длину волнъ и періоды главныхъ линій солнечнаго спектра и абсолютные атомные вѣса элементовъ со всею достижимою точностью въ терминахъ нашихъ существующихъ образцовъ. Числа полученныя такимъ образомъ дали бы возможность воспроизвести наши образцы въ самомъ далекомъ будущемъ до соотвѣтствующей степени точности, если бы понадобилось такое сравненіе; но насколько мы можемъ судить по настоящему, нѣтъ значительной вѣроятности, чтобы этотъ способъ воспроизведенія былъ бы когда нибудь самымъ лучшимъ.

Вспомогательныя единицы.

Установивши однажды образцовыя единицы времени, пространства и плотности или массы, мы можемъ употреблять ихъ для выраженія всѣхъ количествъ такого же рода. Но часто въ отдѣльныхъ отрасляхъ науки бываетъ удобно употреблять кратныя или дѣлители первоначальныхъ единицъ для болѣе простаго выраженія количествъ. Напр. когда говорятъ о величинѣ земнаго шара, то употребляютъ скорѣе мили, чѣмъ метры или ярды, а среднее разстояніе земли отъ солнца не есть еще очень крупная единица, когда выражаются разстоянія звѣздъ. Съ другой стороны, когда мы имѣемъ дѣло съ микроскопическими предметами, то дюймъ, линія или миллиметръ становятся наиболѣе удобными терминами для выраженія величинъ.

Ученымъ людямъ дозволительно вводить новыя единицы въ какой нибудь отрасли знанія, только бы они помогали точности выраженія и тщательно было опредѣлено ихъ отношеніе къ первоначальнымъ единицамъ. Такъ А. В. Уильямсонъ предложилъ какъ удобную единицу объема въ химіи абсолютный объемъ, равный приблизительно 11,2 метра и представляющій объемъ одного грама водороднаго газа при температурѣ и давленіи, принимаемыхъ какъ образцовыя, или эквивалентнаго вѣса какого нибудь другаго газа, напр. 16 грамовъ кислорода, 14 грамовъ азота и т. д., словомъ объемъ того количества каждаго изъ этихъ газовъ, которое вѣситъ столько грамовъ, сколько содержится единицъ въ числѣ выражающемъ ихъ атомный вѣсъ [1]). Гофманъ предложилъ химикамъ новую единицу вѣса, названную *критомъ* и означающую вѣсъ одного литра водороднаго газа при 0° Ц. и при давленіи 0,76 метра, составляющій около 0,0896 грама [2]). Но обѣ эти единицы чисто вспомогательныя, опредѣляемыя, сравниваемыя съ первоначальными единицами и не содержащія никакого новаго исходнаго пункта.

Производныя единицы.

Если установлены образцовыя единицы времени, пространства и массы, то можно измѣрять разнаго рода величины посредствомъ единицъ производныхъ отъ нихъ. Отъ метра, единицы линейной величины, производится самымъ очевиднымъ образомъ центіаръ или квадратный метръ, мѣра поверхностей, и литръ, т. е. кубъ десятой части метра, составляющій единицу вмѣстимости или объема. Скорость движенія выражается отношеніемъ пройденнаго пространства, если движеніе однородно, къ времени употребленному на его прохожденіе; поэтому единица скорости есть скорость тѣла, которое проходитъ единицу пространства въ единицу времени. Въ физикѣ единицей скорости можетъ быть взятъ метръ въ секунду. Количество движенія (моментумъ) измѣряется движущеюся массою, причемъ принимается въ соображеніе какъ количество матеріи, такъ и скорость, съ какою она движется. Поэтому единицею количества движенія будетъ количество единицы объема матеріи, имѣющей единицу плотности и движущейся съ единицею скорости, или по французской системѣ кубическій центиметръ воды при наибольшей ея плотности, движущійся со скоростью одного метра въ секунду.

Ускоряющая сила измѣряется отношеніемъ произведеннаго количества движенія къ употребленному на это времени, причемъ предполагается, что сила дѣйствуетъ равномѣрно. Единицей силы будетъ поэтому сила, которая производитъ единицу количества движенія въ единицу времени или по французской системѣ сила, отъ дѣйствія которой одинъ кубическій центиметръ воды при наибольшей плотности пріобрѣтаетъ въ одну секунду скорость однаго метра въ секунду. Сила тяжести есть наиболѣе обыкновенный и извѣстный родъ силы и такъ какъ дѣйствуя безпрепятственно на какое нибудь вещество, она производитъ въ секунду скорость 9,80868... метровъ въ секунду въ Парижѣ, то изъ этого слѣдуетъ, что абсолютная единица силы составляетъ около одной десятой части силы тяжести. Если мы возьмемъ англійскіе вѣса и мѣры, то абсолютная единица тяжести выразится вѣсомъ около полъунца, такъ какъ сила тяжести, дѣйствуя на извѣстную часть матеріи въ теченіи секунды, производитъ конечную скорость 32,1889 футовъ въ секунду или около 32 единицъ скорости. Хотя вслѣдствіе постояннаго дѣйствія силы тяжести и ея приблизительной равномѣрности мы имѣемъ въ ней самую удобную силу для сравненія и такимъ образомъ обыкновенно употребляемъ ее для опредѣленія количества матеріи, однако же мы не должны забывать, что она есть только одинъ изъ примѣровъ силы. Строго говоря, мы должны выражать вѣсъ въ терминахъ силы, но практически мы выражаемъ другія силы въ терминахъ вѣса.

---

[1]) Chemistry for Students, by A. B. Williamson. Clarendon Press Series, 2 ed. Preface p. VI.

[2]) Introduction to Chemistry, p. 131.

Намъ нужна еще единица энергіи, болѣе сложнаго понятія. Количество движенія тѣла выражаетъ то количество его, которое относится къ аггрегату частицъ; но когда мы разсматриваемъ, какъ это движеніе относится къ дѣйствію силы производящей или измѣняющей его, то находимъ, что дѣйствіе силы пропорціонально массѣ, помноженной на квадратъ скорости, и принято брать половину этого произведенія какъ требуемое выраженіе. Но въ руководствахъ по динамикѣ показано, что будетъ совершенно тоже самое, если мы опредѣлимъ энергію какъ силу дѣйствующую на извѣстномъ пространствѣ. Поэтому естественная единица энергіи будетъ та сила, которая преодолѣваетъ единицу силы дѣйствующей на единицѣ пространства. Если мы бросимъ вверхъ одинъ килограмъ на одинъ метръ въ направленіи противоположномъ дѣйствію тяжести, то мы этимъ совершаемъ 9,80868 единицъ работы, т. е. мы превращаемъ такое число единицъ потенціальной энергіи существующей въ мускулахъ въ потенціальную энергію тяготѣнія. Поднимая одинъ фунтъ на пространство одного фута, мы дѣлаемъ подобнымъ же образомъ превращеніе 32,1889 единицъ энергіи. Поэтому единица энергіи по англійской системѣ есть сила, требующаяся для того, чтобы поднять одинъ фунтъ на около одной тридцать второй части фута, а въ терминахъ метрическихъ единицъ, чтобы поднять килограмъ на около одной десятой части метра.

Каждый можетъ измѣрять и обозначать количества въ терминахъ какихъ ему угодно единицъ. Онъ можетъ употреблять ярдъ для линейнаго измѣренія и метръ для кубическаго измѣренія; но только въ такомъ случаѣ будетъ сложное отношеніе между его различными результатами. Система производныхъ единицъ, кратко изложенная нами, даетъ самыя простыя и естественныя отношенія между количественными выраженіями разнаго рода и потому ведетъ къ легкому пониманію и избавляетъ отъ трудныхъ вычисленій.

Было бы чрезвычайно удобно, если бы ученые согласились принять одну какую нибудь систему единицъ, первоначальныхъ и производныхъ, въ терминахъ которыхъ и выражались бы всѣ количества. Всякія показанія легче было бы сравнивать между собою, большая часть ученой литературы была бы понятна всѣмъ и получилось бы громадное сбереженіе умственнаго труда. Кажется признано всѣми, что метрическая система мѣръ и вѣсовъ представляетъ наилучшее основаніе для дальнѣйшей системы; она принята вездѣ въ Западной Европѣ и легализована въ Англіи; она уже обыкновенно употребляется учеными; и наконецъ сама по себѣ она самая простая и научная изъ всѣхъ системъ. Поэтому все говоритъ въ пользу того, что метрическую систему слѣдуетъ принять по крайней мѣрѣ въ общихъ чертахъ.

Временныя единицы.

Едвали можно сомнѣваться въ томъ, что въ концѣ концовъ всѣ явленія будутъ признаны проявленіями энергіи и будучи выражены въ терминахъ единицы ея, могутъ быть сравниваемы съ первоначальными единицами пространства, времени и плотности. Но чтобы произвести это сведеніе въ каждомъ частномъ случаѣ, мы должны имѣть возможность не только сравнивать различныя количества явленія, но и прослѣдить всю серію переходовъ, которыми оно связано съ первичными понятіями. Мы можемъ легко замѣтить, что сила одного источника свѣта больше силы другаго и зная, что сила свѣта ослабѣваетъ пропорціонально квадрату разстоянія, мы можемъ легко опредѣлить ихъ сравнительный блескъ. Поэтому мы можемъ выразить силу свѣта падающаго на какую нибудь поверхность, если имѣемъ единицу, которая можетъ служить для такого выраженія. Свѣтъ несомнѣнно есть одна изъ формъ энергіи и единица его должна быть единицей энергіи. Но въ настоящее время еще невозможно сказать, сколько есть энергіи въ какомъ нибудь данномъ количествѣ свѣта. Поэтому возникаетъ вопросъ, должны ли мы откладывать измѣреніе свѣта до тѣхъ поръ, пока не опредѣлимъ его отношенія къ другимъ формамъ энергіи? Отвѣтить утвердительно на этотъ вопросъ значило бы сказать, что наука о свѣтѣ должна остановиться на цѣлое поколѣніе и не только эта наука, но и многія другія. Гораздо лучше выбрать намъ временную единицу свѣта, какой нибудь свѣтъ условной силы, который можно было бы воспроизводить съ одинаковой силой и опредѣлять физическими обстоятельствами. Всѣ явленія свѣта могли бы быть опытно изслѣдуемы по отношенію къ этой единицѣ, напр. къ той, которая послѣ такихъ трудовъ была получена Бунзеномъ и Роско [1]). Въ послѣдніе годы много занимались вопросомъ, сколько энергіи заключается въ этой единицѣ свѣта; но это отношеніе едвали скоро будетъ опредѣлено точно.

---

[1]) Phil. Trans., 1859 v. CXLIX p. 884 etc.

Такимъ образомъ временная единица означаетъ такую единицу, которая берется и физически опредѣляется вѣрнымъ и воспроизводимымъ образомъ, такъ чтобы частныя количества могли быть сравниваемы между собою болѣе точно, хотя они еще не могутъ быть относимы къ первоначальнымъ единицамъ. На дѣлѣ большинство нашихъ измѣреній выражается въ терминахъ такихъ временно независимыхъ единицъ и даже единица массы, какъ мы видѣли, должна считаться временною.

Единица теплоты должна быть просто единицей энергіи уже описанной нами. Но вѣсъ можетъ быть измѣренъ до одной милліонной части, а температура менѣе чѣмъ до одной тысячной части градуса Фаренгейта и значитъ менѣе, чѣмъ до одной 500 тысячной части абсолютной температуры, между тѣмъ какъ механическій эквивалентъ теплоты не извѣстенъ даже до тысячной части. Такимъ образомъ оказывается надобность во временной единицѣ теплоты, и такою единицею часто принимается то количество теплоты, какое нужно для того, чтобы повысить температуру одного грама воды на одинъ градусъ Ц., т. е. отъ 0° до 1°. Это количество теплоты можно приблизительно выразить въ терминахъ времени, пространства и массы; потому что по естественной постоянной, опредѣленной Джоулемъ и называемой механическимъ эквивалентомъ теплоты, мы знаемъ, что принятая единица теплоты равна энергіи 423,55 грамо-метровъ или той силѣ, которая подниметъ массу въ 423,55 грамовъ на одинъ метръ при противодѣйствіи 9, 8... абсолютныхъ единицъ силы. Теплота также можетъ быть выражена въ терминахъ количества льда при 0° Ц., какое она можетъ превратить воду при незамѣтномъ давленіи.

Теорія измѣреній.

Для того, чтобы понять отношенія между количествами изучаемыми въ физикѣ, необходимо обратить вниманіе на теорію измѣреній, впервые ясно формулированную Жозефомъ Фурье ¹), но въ послѣднее время развитую многими физиками. Эта теорія изслѣдуетъ то, какимъ образомъ каждая производная единица зависитъ отъ одной или нѣсколькихъ основныхъ единицъ или какъ они входятъ въ нее. Число единицъ въ прямоугольной площади находится посредствомъ помноженія чиселъ единицъ заключающихся въ сторонахъ; такимъ образомъ единица длины входитъ дважды въ единицу площади, и потому о послѣдней и говорятъ,

---

¹) Théorie Analytique de la chaleur, Paris, 1822, § 157—162.

что она имѣетъ два измѣренія относительно длины. Обозначая длину черезъ L, мы можемъ сказать, что измѣренія площади суть $L \times L$ или L^2. Такимъ же образомъ оказывается, что измѣренія объема будутъ L^3.

Число единицъ массы въ тѣлѣ находится посредствомъ помноженія единицъ объема на единицы плотности. Поэтому масса имѣетъ три измѣренія относительно длины и одно измѣреніе относительно плотности. Обозначая плотность черезъ D, мы получимъ, что измѣренія массы суть L^3D. Однако, какъ уже было объяснено, вмѣсто этого обыкновенно берутъ произвольную, временную единицу массы, обозначаемую M; согласно излагаемому здѣсь взгляду мы можемъ сказать, что измѣренія M суть L^3D.

Вводя время обозначаемое T легко видѣть, что измѣренія скорости будутъ $\frac{L}{T}$ или LT^{-1}, потому что число единицъ въ скорости находится посредствомъ *дѣленія* единицъ длины на единицы времени употребленнаго на прохожденія пространства. Ускореніе тѣла измѣряется увеличеніемъ скорости относительно времени, т. е. мы должны раздѣлить единицы пріобрѣтенной скорости на единицы времени употребленнаго на пріобрѣтеніе ея; поэтому измѣренія ея будутъ LT^{-2}. Количество движенія (моментумъ) есть произведеніе массы и скорости, такъ что измѣренія его будутъ MLT^{-1}. Дѣйствія силы измѣряются ускореніемъ произведеннымъ въ единицѣ массы въ теченіи единицы времени; поэтому измѣренія силы суть LMT^{-2}. Произведенная работа пропорціональна дѣйствующей силѣ и пространству, на протяженіи котораго она дѣйствуетъ; такъ что она имѣетъ измѣренія силы соединенныя съ измѣреніями длины, что даетъ ML^2T^{-2}.

Особенно нужно замѣтить, что угловая величина вовсе не имѣетъ измѣреній, и измѣряется отношеніемъ дуги къ радіусу. Поэтому измѣренія ея будутъ LL^{-1} или L^0. Это и согласно съ высказаннымъ прежде положеніемъ, что не нужно никакой произвольной единицы угловой величины. Подобнымъ же образомъ всѣ чисто отвлеченные числа выражающія только отношенія, каковы синусы и другія тригонометрическія функціи, логариѳмы, показатели и проч., не имѣютъ измѣреній. Это абсолютныя числа необходимо выражаемыя въ терминахъ самой единицы, и на нихъ нисколько не имѣетъ вліянія выборъ произвольныхъ физическихъ единицъ. Однакоже угловая величина входитъ въ другія количества, какова напр. угловая скорость, которая имѣетъ измѣренія $\frac{1}{T}$ или T^{-1}, такъ какъ единицы угла раздѣляются на единицы употребленнаго времени. Измѣренія угловаго ускоренія обозначаются T^{-2}.

Количества разсматриваемыя въ теоріяхъ теплоты и электричества многочисленны и сложны по своимъ измѣреніямъ. Такъ теплоемкость имѣетъ измѣренія ML^{-3}, теплопроводимость $ML^{-1} T^{-1}$. Въ магнетизмѣ измѣренія силы полюса суть $M^{1/2} L^{3/2} T^{-2}$, измѣреніе поля напряженности $M^{1/2} L^{-1/2} T^{-1}$; напряженность магнетизаціи имѣетъ тѣже измѣренія. Въ электричествѣ физики имѣютъ дѣло съ различными родами количества, и ихъ измѣренія бываютъ различны въ электро-статической и въ электромагнитной системахъ. Такъ электродвижущая сила имѣетъ измѣренія $M^{1/2} L^{1/2} T^{1}$ въ первой системѣ, и $M^{1/2} L^{3/2} T^{-2}$ въ послѣдней. Электрическая емкость въ электростатикѣ зависитъ просто отъ длины, но въ электромагнетикѣ отъ $L^{-2} T^{2}$. Заслуживаетъ особеннаго замѣчанія, что электрическія количества имѣютъ простыя измѣренія, когда они выражаются въ терминахъ плотности вмѣсто массы. Приведенные примѣры достаточно показываютъ трудность узнать и прослѣдить отношенія между количествами разсматриваемыми въ физикѣ, если нѣтъ систематическаго метода вычисленія и представленія ихъ измѣреній. Только въ самое недавнее время были уяснепы понятія объ этихъ количествахъ. Полстолѣтія назадъ едвали кто нибудь кромѣ Фурье могъ объяснить, что онъ разумѣетъ подъ температурой или подъ теплоемкостью. А объ измѣреніи электричества и мысли не было.

Эта теорія, кромѣ того что даетъ намъ ясное понятіе о сложныхъ отношеніяхъ между физическими количествами, особенно полезна еще въ двухъ отношеніяхъ. Во 1-хъ, она можетъ служить пробой вѣрности математическаго умозаключенія. По принципу *однородности* всѣ количества *складываемыя* вмѣстѣ и уравниваемыя въ какомъ нибудь уравненіи должны имѣть одни и тѣже измѣренія. Поэтому если окажется, что измѣренія какихъ нибудь членовъ уравненія не однородны, то это значитъ, что сдѣлана какая нибудь ошибка. Невозможно складывать силу со скоростью или массу съ моментомъ. Даже если бы числовыя величины двухъ членовъ не однороднаго уравненія были равны, то это было бы дѣломъ случайнымъ и малѣйшее измѣненіе въ физичсскихъ единицахъ произвело бы неравенство и обнаружило бы ложность закона выраженнаго въ уравненіи.

Во 2-хъ, теорія единицъ даетъ намъ возможность скоро и безошибочно выводить измѣненіе въ числовомъ выраженіи какого нибудь физическаго количества производимое измѣненіемъ въ основныхъ единицахъ. Очевидно, что для выраженія одного и того же абсолютнаго количества число должно измѣняться пропорціонально величинѣ единицъ, которыя исчисляются. Ярдъ выраженный въ футахъ будетъ 3; если же мы вмѣсто фута возьмемъ за единицу дюймъ, то число будетъ 36. Всякое количество, въ которое входитъ измѣреніе длины положительно, должно быть измѣнено такимъ же образомъ. Если вмѣсто фута мы беремъ за единицу дюймъ, то числовыя выраженія объема должны быть помножены на 12×12×12. Если измѣреніе входитъ отрицательно, то примѣняется противоположное правило. Если вмѣсто минуты мы возьмемъ за единицу времени секунду, то должны всѣ числа выражающія угловыя скорости раздѣлить на 60, а числа выражающія угловое ускореніе на 60×60. Правило таково, что числовое выраженіе измѣняется обратно пропорціонально величинѣ единицы, когда каждое цѣлое измѣреніе входитъ положительно и прямо пропорціонально величинѣ единицы, когда каждое цѣлое измѣреніе входитъ отрицательно. Въ случаѣ дробныхъ показателей нужно взять надлежащій корень отношенія измѣненія.

Болѣе подробно этотъ предметъ можно изучить у Эверетта, Illustrations of the Centimetre-gramme-second System of Units, у Максуэля Theory of Heath, или у Дженкина Text Book of Electricity.

Естественныя постоянныя.

Послѣ того какъ устроены точные измѣряющіе инструменты и выбраны единицы, которыми должны выражаться результаты, остается еще вопросъ, какое же употребленіе мы должны сдѣлать изъ нашихъ измѣрительныхъ средствъ? Главной нашей цѣлью должно быть открытіе общихъ количественныхъ законовъ природы; но очень большое количество предварительнаго труда должно быть употреблено на точное опредѣленіе размѣровъ существующихъ предметовъ и численныхъ отношеній между различными силами и явленіями. Шагъ за шагомъ изслѣдуется каждая часть вселенной и ставится въ узнанную связь съ другими частями. Каждое проявленіе энергіи приводится въ соотношеніе со всѣми другими родами ея проявленія. Тиндаль слѣдующимъ образомъ описываетъ то усердіе и тщательность, съ какими ведутся подобныя операціи. «Тѣ, которыя незнакомы съ подробностями научнаго изслѣдованія, не могутъ составить себѣ понятія о количествѣ труда, употребленнаго на опредѣленіе этихъ чиселъ, на которыхъ основываются важныя вычисленія или умозаключенія. Они не могутъ представить себѣ того терпѣнія, которое обнаружилъ Берцеліусъ, опредѣляя атомные вѣса, Реньо опредѣляя коэфиціенты расширенія или Джоуль при опредѣленіи механическаго эквивалента теплоты. На эти предметы употреблено моральной силы, въ смыслѣ тяжелаго труда, вѣроятно гораздо больше, чѣмъ въ какой нибудь другой отрасли умственной дѣятельности ¹)».

Каждая вновь открываемая естественная постоянная даетъ намъ новые пункты для сравненій и отношеній. Если число такихъ извѣстныхъ постоянныхъ есть n, тогда $^1/_2\,(n^2—n)$ есть число отношеній доступныхъ нашимъ

---

¹) Sound, 1 ed. p. 26.

средствамъ вычисленія, и оно увеличивается какъ квкдратъ n. Мы такимъ образомъ постепенно составляемъ карту природы, въ которой быстро возрастаютъ по сложности линіи отношенія одного явленія къ другому и соотвѣтственно этому увеличиваются средства научнаго предсказанія.

Бебберджъ [1]) предложилъ составить коллекцію постоянныхъ чиселъ природы, и за это дѣло взялся наконецъ Смитсоніанскій институтъ [2]). Конечно полная коллекція такихъ чиселъ равнялась бы почти всей научной литературѣ, такъ какъ въ нее нужно было бы внести всѣ числа, встрѣчающіяся въ сочиненіяхъ по химіи, минералогіи, физикѣ, астрономіи и проч. Однако всетаки былъ бы полезенъ небольшой томъ, въ которомъ были бы собраны всѣ наиболѣе важныя числа и ихъ логарифмы, сведенныя къ различнымъ общеупотребительнымъ единицамъ. Небольшія коллекціи постоянныхъ чиселъ находятся въ концѣ таблицъ логориѳмовъ Беббеджа, Хуттона и многихъ другихъ, нѣсколько большая коллекція находится въ Millwright and Engineer's Pocket Companion, Темпльтона.

Мы имѣемъ въ виду классифицировать здѣсь огульнымъ образомъ эти постоянныя числа, смотря по ихъ сравнительной общности и важности, на слѣдующіе отдѣлы:

1) Математическія постоянныя.
2) Физическія постоянныя.
3) Астрономическія постоянныя.
4) Земныя числа.
5) Органическія числа.
6) Соціальныя числа.

Математическія постоянныя.

Во главѣ естественныхъ постоянныхъ должны стоять тѣ, которыя выражаютъ необходимыя отношенія чиселъ другъ къ другу. Обыкновенная таблица умноженія представляетъ самую обыкновенную и самую важную изъ такихъ серій постоянныхъ, и она, теоретически говоря, безконечна, по объему. На второмъ мѣстѣ мы должны помѣстить ариѳметическій треугольникъ, значеніе котораго уже было показано (стр. 177). Таблицы логариѳмовъ также содержатъ обширные ряды естественныхъ постоянныхъ, происходящіе отъ отношеній между числами. Въ основаніи логариѳмической теоріи лежитъ таинственная естественная постоянная, обозначаемая e или ε, равная безконечной серіи $1+\frac{1}{1}+\frac{1}{1.2}+\frac{1}{1.2.3}+\frac{1}{1.2.3.4}$ и такимъ образомъ состоящая изъ суммы отношеній между числами перемѣщеній и сочетаній 0, 1, 2, 3, 4, и проч. вещей. При этомъ не нужно забывать о таблицахъ простыхъ или первоначальныхъ чиселъ и производителей сложныхъ чиселъ.

---

[1]) British Association, Cambridge, 1833. Report, pp. 144—490.

[2]) Smittsonian Miscellaneous Collections, v. XII, the Constant's of Nature, p. I. Specific gravities compiled by F. W. Clarke. Washington, 1873.

Другая и дѣйствительно безконечная серія числовыхъ постоянныхъ содержитъ въ себѣ постоянныя, связанныя съ измѣреніемъ угловъ и находящіяся въ логариѳмическихъ таблицахъ, какъ то естественные или логариѳмическіе синусы, косинусы и тангенсы. Никогда не нужно забывать, что хотя эти числа находятъ главное употребленіе въ связи съ тригонометріей или измѣреніемъ сторонъ прямоугольнаго треугольника, однако сами эти числа происходятъ отъ численныхъ отношеній, неимѣющихъ спеціальной связи съ пространствомъ. Самая главная между тригонометрическими постоянными есть хорошо извѣстное число π, обыкновенно употребляемое какъ выраженіе отношенія окружности круга къ діаметру; и изъ π слѣдуетъ величина угловой или естественной единицы для угловыхъ величинъ, выражаемой въ обыкновенныхъ градусахъ (стр. 290).

Изъ другихъ математическихъ постоянныхъ нерѣдко употребляются упомянутыя таблицы факторіаловъ (стр. 174); таблицы чиселъ Бернулли, таблицы функціи погрѣшности [1]), изъ которыхъ послѣдняя необходима не только въ теоріи вѣроятности, но и въ другихъ отрасляхъ науки.

Не нужно забывать, что математическія постоянныя и справочныя таблицы, уже находящіяся въ нашемъ распоряженіи, хотя и очень обширны, однако составляютъ только неопредѣленно малую часть того, что должно быть еще сдѣлано. Съ развитіемъ науки будетъ постоянно возрастать потребность въ таблицахъ новыхъ функцій, и нужно бы подумать о томъ, не слѣдовало ли бы вознаграждать на счетъ общественныхъ суммъ суровый, продолжительный и вообще неблагодарный трудъ, какой употребляется на составленіе подобныхъ таблицъ. Такіе труды полезны для всего человѣческаго рода, пока онъ будетъ существовать, хотя немногіе могутъ оцѣнить обширность этой пользы. Самое интересное и прекрасное описаніе многихъ математическихъ таблицъ находится въ статьѣ *о таблицахъ* въ English Cyclopoedia, въ отдѣлѣ наукъ и искуствъ, т. VII стр. 976. Почти исчерпывающій критическій каталогъ существующихъ таблицъ публикуется комитетомъ Британской Ассоціаціи и двѣ части его, составленныя главнымъ образомъ Глешеромъ и Кейли, явились въ Reports of the Association за 1873 и 1875.

---

[1]) Глешеръ, Phil. Mag., 4 ser. v. XLII p.421.

Физическія постоянныя.

Второй классъ постоянныхъ содержитъ въ себѣ тѣ, которыя относятся къ настоящему строенію матеріи. Большею частью они зависятъ отъ особенностей даннаго химическаго вещества, но мы начнемъ съ тѣхъ, которыя имѣютъ наиболѣе общій характеръ. Въ первомъ подклассѣ мы можемъ помѣстить скорость волнъ свѣта или теплоты, т. е. числа выражающія отношеніе между длиною волнъ и быстротою волнообразныхъ движеній и зависящія только отъ эѳирной среды, которая вѣроятно одинакова во всѣхъ частяхъ вселенной. Теорія теплоты дала нѣсколько чиселъ весьма важныхъ, каковы напр. механическій эквивалентъ теплоты Джоуля, абсолютный нуль температуры, средняя температура міроваго пространства и проч.

Принимая въ соображеніе различныя свойства элементовъ, мы должны составить таблицы атомныхъ вѣсовъ, удѣльной теплоты, удѣльнаго вѣса, преломляющей способности не только элементовъ, но и ихъ почти безконечно многочисленныхъ соединеній. Свойства твердости, вязкости, расширенія отъ теплоты, проводимости теплоты и электричества также должны быть опредѣлены въ безчисленномъ множествѣ тѣлъ. Нѣкоторыя изъ этихъ чиселъ имѣютъ особенную важность, потому что они служатъ промежуточными единицами или терминами сравненія. Таковы напр. абсолютные коэффиціенты расширенія воздуха, воды и ртути, температура наибольшей плотности воды, скрытая теплота воды и пара, точка кипѣнія воды при извѣстномъ опредѣленномъ давленіи, точки таянія и кипѣнія ртути и т. д.

Астрономическія постоянныя.

Третій классъ состоитъ изъ чиселъ, имѣющихъ гораздо менѣе общности, потому что они относятся не къ свойствамъ матеріи, но къ спеціальнымъ формамъ и разстояніямъ, по которымъ расположилась матерія въ части вселенной доступной нашему изслѣдованію. Намъ нужно прежде всего опредѣлить величину и форму земли, ея среднюю плотность, постоянную величину аббераціи свѣта, выражающую отношеніе между среднею скоростью земли въ пространствѣ и скоростью свѣта. Съ земли, какъ нашей обсерваторіи, мы опредѣляемъ среднія разстоянія солнца и другихъ планетъ отъ того же центра, далѣе всѣ элементы планетныхъ орбитъ, величины, плотности, массы, періоды осеваго вращенія многихъ планетъ опредѣлены постепенно съ точностью все увеличивающеюся. Тоже самое должно быть сдѣлано и относительно спутниковъ. Кромѣ того должны быть также каталоги кометъ съ элементами ихъ орбитъ, насколько они опредѣлены.

Съ земной орбиты, какъ новой базы наблюденій, мы приступаемъ къ съемкѣ неба и опредѣляемъ видимыя положенія, величины, движенія, разстоянія, періоды измѣненія и проч. звѣздъ. Всѣ каталоги звѣздъ, начиная съ каталоговъ Гиппарха и Тихо, наполнены числами грубо выражающими расположеніе видимой вселенной. Но трудамъ астрономовъ нѣтъ и границъ; не только есть милліоны далекихъ звѣздъ, которыя ждутъ еще первыхъ измѣреній, но и относительно звѣздъ уже внесенныхъ въ каталоги требуется еще много тщательныхъ изслѣдованій, чтобы опредѣлились ихъ движенія въ трехъ измѣреніяхъ пространства, ихъ періоды обращенія и измѣненія ихъ блеска и цвѣта. Очевидно, что хотя астрономическія числа и называются условно постоянными, однако они по всей вѣроятности подвержены болѣе или менѣе быстрымъ измѣненіямъ.

Земныя числа.

Знаніе обитаемаго нами земнаго шара требуетъ многихъ численныхъ опредѣленій, которыя мало имѣютъ или почти вовсе не имѣютъ связи съ астрономической теоріей. Къ этому классу относятся наибольшія высоты главныхъ горъ, среднія возвышенія континентовъ, средняя или наибольшая глубина океановъ, удѣльные вѣса горныхъ породъ, температура рудниковъ и массы чиселъ выражающихъ метеорологическія или магнитныя условія каждой части поверхности. Многія изъ этихъ чиселъ не могутъ быть названы постоянными, такъ какъ они подвержены періодическимъ или вѣковымъ измѣненіямъ, но на дѣлѣ они едва-ли болѣе измѣнчивы, чѣмъ многія изъ тѣхъ, которыя въ астрономіи считаются постоянными. Во многихъ случаяхъ количества, которыя кажутся измѣняющимися, могутъ имѣть ритмическія измѣненія, дающія почти неизмѣнный среднiй результатъ и только посредствомъ длиннаго ряда изслѣдованій мы можемъ дойти до того, чтобы узнать, какія изъ этихъ элементарныхъ чиселъ постоянны и какія измѣняются. Въ послѣднемъ случаѣ законъ измѣненія становится постояннымъ отношеніемъ, которое есть цѣль нашего изслѣдованія.

Органическія числа.

Формы и свойства мертвой матеріи достаточно опредѣляются предшествующими классами чиселъ; но затѣмъ остается еще органическій міръ, какъ животный, такъ и растительный, и представляетъ высшія серіи явленій для нашего изслѣдованія. Всякое точное знаніе относительно формъ и величины живыхъ тѣлъ, ихъ числа, количества различныхъ сложныхъ соединеній, которыя они принимаютъ въ пищу, содержатъ въ себѣ или выдѣляютъ, ихъ мускульная и нервная энергія и проч. должны быть помѣщены въ особый классъ. Всѣ такія числа конечно болѣе или менѣе подвержены измѣненіямъ и въ меньшей степени поддаются точному опредѣленію. Человѣкъ, по скольку онъ есть животное и съ точки зрѣнія его физической формы, также долженъ относиться къ этому классу.

Соціальныя числа.

Въ этомъ сочиненіи мы можемъ только кратко указать на тотъ фактъ, что человѣкъ своими экономическими, санитарными, интеллектуальными, эстетическими или моральными отношеніями можетъ быть предметомъ наукъ, самыхъ высокихъ и полезныхъ изъ всѣхъ наукъ. Каждый занимающійся статистическими изслѣдованіями долженъ признать возможность естественныхъ законовъ, управляющихъ такими статистическими фактами. Поэтому мы должны предоставить особое мѣсто численнымъ знаніямъ относительно числа, возрастовъ, физическаго и санитарнаго состоянія, смертности и проч. разныхъ народовъ, словомъ жизненной статистикѣ. Экономическая статистика, обнимающая количества товаровъ производимыхъ, существующихъ, обмѣниваемыхъ и потребляемыхъ, составляетъ другую обширную область науки. Съ теченіемъ времени точное изслѣдованіе можетъ захватить и тѣ области явленій, которыя до сихъ поръ не поддаются научной разработкѣ. Но невѣроятно, чтобы научный методъ могъ когда либо исчерпать явленія человѣческаго ума.

ГЛАВА XV.

АНАЛИЗЪ КОЛИЧЕСТВЕННЫХЪ ЯВЛЕНІЙ.

Въ двухъ предшествующихъ главахъ мы занимались разсмотрѣніемъ того, какимъ образомъ явленіе можетъ быть точно измѣрено и выражено. Всякое измѣреніе имѣющее въ виду сколько нибудь значительную степень точности до такой степени трудно и сложно, что не малая доля искуства и терпѣнія физиковъ обыкновенно употребляется на это дѣло. Значительная доля этой трудности проистекаетъ отъ того, что едва ли возможно измѣрить только одно дѣйствіе въ одно данное время. Послѣднею цѣлью должно быть открытіе математическаго уравненія или закона соединяющаго количественную причину съ ея количественнымъ дѣйствіемъ; для достиженія этой цѣли обыкновенно, какъ мы увидимъ, измѣняютъ въ данное время одно условіе, сохраняя другія условія неизмѣнными. Труды экспериментатора были бы сравнительно легки, если бы онъ имѣлъ возможность примѣнять это правило измѣненія одного условія въ данное время. Онъ тогда получилъ бы рядъ соотвѣтствующихъ величинъ изслѣдуемыхъ измѣняющихся количествъ, изъ которыхъ онъ могъ бы при помощи надлежащихъ гипотетическихъ соображеній получить требуемый законъ связи. Но на дѣлѣ рѣдко бываетъ возможность вполнѣ осуществить это правило и оно примѣняется только приблизительно. Поэтому прежде чѣмъ мы приступимъ къ разсмотрѣнію настоящаго процесса количественной индукціи, намъ необходимо обозрѣть разные способы, посредствомъ которыхъ могутъ быть расчленяемы сложныя серіи дѣйствій. Каждое измѣряемое явленіе будетъ обыкновенно суммою или разностью, или можетъ быть произведеніемъ или частнымъ двухъ или нѣсколькихъ различныхъ дѣйствій, и они должны быть какимъ нибудь образомъ анализированы и измѣрены отдѣльно, прежде чѣмъ мы получимъ матеріалы для индуктивной работы.

Примѣры сложности дѣйствій.

Легко привести множество примѣровъ показывающихъ, что явленіе рѣдко можетъ быть наблюдаемо въ совершенной отдѣльности и только одно. Всегда оказывается необходимымъ болѣе или менѣе хлопотливый процессъ анализа. Такъ если экспериментаторъ желаетъ наблюдать и измѣрить расширеніе жидкости отъ теплоты, то онъ помѣщаетъ ее въ стеклянную термометрическую трубку и слѣдитъ за повышеніемъ столба жидкости въ узкой трубкѣ. Но онъ не можетъ нагрѣть жидкости, не нагрѣвая въ то же время и стекла, такъ что наблюдаемое измѣненіе есть собственно разность между расширеніями жидкости и стекла. Болѣе тщательное изслѣдованіе покажетъ необходимость допустить еще другое очень слабое дѣйствіе, именно сжатіе жидкости и расширеніе шарика происходящее отъ увеличившагося давленія столба, когда онъ удлинился.

Во многихъ случаяхъ наблюдаемое дѣйствіе бываетъ повидимому простою суммою двухъ отдѣльныхъ и независимыхъ дѣйствій. Теплота развивающаяся при горѣніи растительныхъ маслъ происходитъ отчасти отъ углерода, а отчасти отъ водорода. Измѣреніе теплоты развиваемой ими обоими вмѣстѣ не можетъ показать намъ, какъ много получилось отъ одного и какъ много отъ другаго. Если посредствомъ какого нибудь отдѣльнаго опредѣленія мы можемъ опредѣлить, сколько теплоты даетъ водородъ, тогда мы простымъ вычитаніемъ узнаемъ, сколько ея даетъ углеродъ, и наоборотъ. Теплота проводимая жидкостью идетъ частью путемъ настоящей проводимости и частью путемъ переноса. Свѣтъ разсѣянный внутри жидкости состоитъ изъ свѣта отраженнаго плавающими частичками и отъ свѣта происходящаго отъ настоящей флуоресценціи ¹); и мы должны найти способъ опредѣлить одну часть, прежде чѣмъ узнаемъ другую. Видимое движеніе пятенъ на солнцѣ есть алгебраическая сумма осеваго вращенія солнца и собственнаго движенія пятенъ на солнечной поверхности; вслѣдствіе этого и трудно опредѣлить прямыми наблюденіями періодъ солнечнаго вращенія.

Мы не можемъ получить на химическихъ вѣсахъ вѣса изслѣдуемой жидкости, не взвѣшивая ея вмѣстѣ съ сосудомъ. Поэтому чтобы получить дѣйствительный вѣсъ жидкости въ опытѣ, мы должны отдѣльно взвѣшивать сосудъ съ приставшимъ слоемъ жидкости или безъ него, смотря по обстоятельствамъ.

---

¹) Стоксъ, Phil. Trans. 1852. v. CXLII. p. 529.

Подобнымъ же образомъ телѣга и грузъ на ней взвѣшиваются вмѣстѣ и затѣмъ вычитается тара телѣги, опредѣленная прежде. Измѣненіе высоты въ барометрѣ есть соединенное дѣйствіе, происходящее отчасти отъ дѣйствительнаго измѣненія атмосфернаго давленія, а отчасти отъ расширенія ртутнаго столба вслѣдствіе теплоты. Эти дѣйствія можно различить, если вмѣсто одной барометрической трубки мы возьмемъ двѣ, содержащія ртуть и помѣщонныя близко одна подлѣ другой, такъ чтобы они имѣли одинаковую температуру. Если одна изъ нихъ будетъ закрыта внизу, такъ чтобы на нее не дѣйствовало атмосферное давленіе, то она будетъ показывать только измѣненія происходящія отъ температуры, и вычитая эти измѣненія изъ тѣхъ, которыя показываетъ другая трубка употребляемая какъ барометръ, мы получаемъ дѣйствительныя колебанія атмосфернаго давленія. Но эта поправка показаній барометра дѣлается лучше посредствомъ вычисленія на основаніи показаній обыкновеннаго термометра.

Въ другихъ случаяхъ количественное дѣйствіе бываетъ разностью двухъ причинъ дѣйствующихъ въ противоположныхъ направленіяхъ. Д. Гершель изобрѣлъ инструментъ подобный большому термометру и названный актинометромъ [1]), а Пулье устроилъ нѣсколько подобный инструментъ названный пиргеліометромъ для опредѣленія тепловой способности солнечныхъ лучей. Въ обоихъ инструментахъ теплота солнца поглощается резервуаромъ содержащимъ воду и повышеніе температуры воды замѣчается или по ея собственному расширенію или по показаніямъ погружоннаго въ нее чувствительнаго термометра. Но выставляя актинометръ на солнце, мы не получаемъ полнаго дѣйствія поглощенной теплоты, потому что поглощающая поверхность въ то же время лучеиспускаетъ теплоту въ пространство. Словомъ, наблюдаемое повышеніе температуры есть разница между тѣмъ, что получается отъ солнца и тѣмъ, что теряется лучеиспусканіемъ. Послѣднее количество легко опредѣлить; намъ стоитъ только затѣнить инструментъ отъ прямыхъ лучей солнца и выставить его на обыкновенный разсѣянный свѣтъ, и тогда мы можемъ наблюдать, сколько онъ охлаждается въ извѣстное время. Полное дѣйствіе солнечныхъ лучей будетъ очевидно равно наблюденному дѣйствію *плюсъ* охлаждающему дѣйствію въ то же самое время. Посредствомъ попремѣннаго выставленія на солнце и въ тѣнь въ теченіи одинаковаго времени можно получить требуемый результатъ съ значительною точностью [2]).

Два количественныя дѣйствія были прекрасно различены въ экспериментѣ

---

[1]) Admiralty Manual of Scientific Enquiry, 2 ed. p. 299.

[2]) Пулье, Taylor's Scientific Memoirs, v. IV. p. 45.

Д. Кантона, придуманномъ въ 1761 для доказательства сжимаемости воды. Онъ устроилъ термометръ съ большимъ шарикомъ, наполненнымъ водою, и короткою капилярною трубкою, часть которой надъ водою не содержала воздуха и потому вода была свободна отъ давленія атмосферы; но стеклянный шарикъ, претерпѣвая это давленіе, былъ нѣсколько сжатъ. Затѣмъ онъ помѣщалъ инструментъ подъ колоколъ воздушнаго насоса, и когда воздухъ былъ выкачанъ, то вода въ трубкѣ опускалась. Опредѣливши такимъ образомъ мѣру дѣйствія атмосфернаго давленія на шарикъ, онъ открылъ верхній конецъ термометрической трубки и впустилъ воздухъ. Уровень воды опустился еще больше, частью оттого, что давленіе на шарикъ теперь компенсировалось, а частью отъ сжиманія воды вслѣдствіе атмосфернаго давленія. Очевидно, что количество послѣдняго дѣйствія равнялось приблизительно разности между двумя наблюденными пониженіями.

Нерѣдко случается, что дѣйствительное явленіе, которое мы желаемъ измѣрить, бываетъ значительно меньше, чѣмъ различныя возмущающія дѣйствія, которыя соприкасаются съ нимъ. Напримѣръ, сжимаемость ртути бываетъ значительно меньше, чѣмъ расширеніе сосудовъ, въ которыхъ она измѣряется подъ давленіемъ, такъ что вниманіе экспериментатора должно быть главнымъ образомъ сосредоточено на измѣненіи величины сосудовъ. Многія астрономическія явленія, какъ напр. параллаксъ, или собственныя движенія неподвижныхъ звѣздъ, бываютъ гораздо меньше, чѣмъ погрѣшности при наблюденіи ихъ, причиняемыя недостатками инструментовъ или движеніями происходящими отъ предваренія, нутаціи и аберацій. И потому нечего удивляться, если астрономы иногда ошибочно принимаютъ одно изъ этихъ явленій за другое, какъ напримѣръ Флемстидъ воображалъ, будто онъ открылъ параллаксъ полярной звѣзды [1]).

Методы устраненія погрѣшности.

Во всякомъ частномъ опытѣ цѣль экспериментатора состоитъ въ томъ, чтобы измѣрить только одно дѣйствіе въ отдѣльности и онъ старается получить это дѣйствіе свободнымъ отъ вліянія постороннихъ дѣйствій. Если же этого нельзя сдѣлать, что бываетъ часто или даже почти всегда, то онъ сколько возможно усиливаетъ это дѣйствіе сравнительно съ другими дѣйствіями, которыя онъ доводитъ до минимума и считаетъ ихъ вредными погрѣшностями. Эти количества, которыя въ одномъ случаѣ называются погрѣшностями, въ другихъ изслѣдованіяхъ могутъ быть важными и интересными явленіями. Когда мы говоримъ объ устраненіи погрѣшностей, то приэтомъ разумѣемъ собственно расчлененіе сложныхъ явленій природы. Физикъ желаетъ въ извѣстное время изслѣдовать только одну вещь; но такъ какъ на практикѣ это едвали возможно, то онъ ищетъ способовъ противодѣйствовать постороннимъ и мѣшающимъ причинамъ.

---

[1]) Бейли, Account of the R. J. Flamsteed, p. 58.

Общій принципъ требуетъ, что бы одно отдѣльное наблюденіе давало только одно количество. Поэтому если извѣстно, что въ изслѣдуемое явленіе входятъ разныя количественныя дѣйствія, то мы должны произвести по крайней мѣрѣ столько отдѣльныхъ наблюденій, сколько есть опредѣляемыхъ количествъ. Поэтому каждый полный опытъ состоитъ вобще изъ нѣсколькихъ операцій. Руководясь, если возможно, предварительнымъ знаніемъ дѣйствующихъ причинъ, мы должны расположить опредѣленія такъ, чтобы простымъ математическимъ процессомъ можно было отличать отдѣльныя количества. Есть пять главныхъ методовъ, помощью которыхъ мы можемъ достигнуть этого. Эти методы, разъясняемые въ слѣдующихъ параграфахъ, суть слѣдующіе.

1. *Методъ избѣжанія погрѣшности.* Естествоиспытатель можетъ найти какой-нибудь особенный способъ эксперимента или какое-нибудь благопріятное обстоятельство для наблюденія, при которыхъ погрѣшность или не существуетъ или бываетъ очень мала.

2. *Дифференціальный методъ.* Онъ можетъ воспользоваться такими благопріятными случаями для наблюденія, когда всѣ усложняющія явленія остаются постоянными и только наблюдаемый предметъ въ одно время присутствуетъ, а въ другое отсутствуетъ; и тогда разность между двумя наблюденіями даетъ величину его.

3. *Методъ поправки.* Онъ можетъ опредѣлить возможно лучшимъ способомъ величину посторонняго мѣшающаго дѣйствія и затѣмъ сдѣлать соотвѣтствующую поправку въ результатахъ наблюденія.

4. *Методъ компенсаціи.* Онъ можетъ придумать какой нибудь способъ нейтрализовать мѣшающую причину, противопоставляя ей совершенно равную и противоположную причину.

5. *Обратный методъ.* Онъ можетъ вести экспериментъ такъ, чтобы мѣшающая причина попеременно дѣйствовала въ противоположныхъ направленіяхъ, причемъ средній результатъ будетъ свободенъ отъ ея дѣйствія.

1. *Методъ избѣжанія погрѣшности.*

Астрономы ищутъ такихъ благопріятныхъ случаевъ для наблюденія, когда возможны только самыя малыя ошибки. Несмотря на тщательныя наблюденія и продолжительныя теоретическія изслѣдованія, нельзя еще указать какого нибудь удовлетворительнаго закона относительно преломляющей способности атмосферы. Хотя видимое измѣненіе мѣста небеснаго тѣла производимое рефракціей можетъ быть вычислено болѣе или менѣе точно, однако же погрѣшность зависитъ отъ температуры и давленія атмосферы, и когда лучъ сильно наклоненъ относительно перпендикуляра, тогда неопредѣленность дѣйствія рефракціи бываетъ весьма значительна. Поэтому астрономы всегда производятъ наблюденія, если возможно, тогда, когда предметъ находится на высшей точкѣ своего суточнаго хода, т. е. на меридіанѣ. При нѣкоторыхъ изслѣдованіяхъ, какъ напр. при опредѣленіи широты обсерваторіи, астрономъ можетъ выбрать одну или нѣсколько звѣздъ изъ безчисленнаго множества ихъ. Въ такомъ случаѣ его очевидная выгода требуетъ выбрать звѣзду, которая проходитъ близко около зенита, такъ чтобы ее можно было наблюдать почти при совершенномъ отсутствіи атмосферной рефракціи, какъ и дѣлалъ Гукъ.

Астрономы всѣми мѣрами стараются сдѣлать свои часы возможно вѣрными, устраняя причины измѣненія ихъ. Маятникъ совершенно изохроничень, пока его длина остается неизмѣнною, и качанія его имѣютъ совершенно одинаковую длину. Они дѣлаютъ его почти неизмѣннымъ по длинѣ, т. е. по разстоянію между центрами привѣса и качанія, устраивая его съ компенсаціей для измѣненій температуры. Но такъ какъ такая компенсація не можетъ быть вполнѣ совершенною, то нѣкоторые астрономы помѣщаютъ свои главные контролирующіе часы въ погребѣ или другомъ помѣщеніи, гдѣ бываютъ возможно малыя колебанія температуры. Въ парижской обсерваторіи часы находятся въ подвалѣ подъ зданіемъ, гдѣ не бываетъ замѣтной разницы между лѣтней и зимней температурой.

Гюйгенсъ для устраненія дѣйствія неравныхъ качаній произвелъ прекрасныя изслѣдованія, которыя привели къ открытію, что, маятникъ, центръ качанія котораго движется по циклоидальному пути, былъ бы совершенно изохроничень, какія бы ни были измѣненія въ длинѣ качаній. Но хотя маятникъ легко но можсдѣлать циклоидальнымъ, сдѣлавши привѣсъ его изъ стальной пружины, однако оказывается, что механическія приспособленія, нужныя для произведенія настоящаго циклоидальнаго движенія, вносятъ больше ошибокъ, чѣмъ сколько устраняютъ ихъ. Поэтому астрономы стараются довести погрѣшность до минимума, поддерживая свои часы въ равномѣрномъ движеніи; и дѣйствительно когда часы содержатся въ порядкѣ и имѣютъ неизмѣняющіяся гири, тогда не можетъ быть большаго измѣненія въ длинѣ качанія. Если же маятникъ нельзя заставить качаться равномѣрно, какъ въ опытахъ надъ силою тяжести, тогда бываетъ необходимо прибѣгнуть къ третьему методу и ввести поправку, вычисляемую теоретически по количеству наблюдаемаго измѣненія въ длинѣ качанія.

Уже было замѣчено, что видимое расширеніе жидкости отъ теплоты, когда она помѣщается въ термометрической трубкѣ или другомъ сосудѣ, есть разность между дѣйствительнымъ расширеніемъ жидкости и расширеніемъ содержащаго ее сосуда. Эти дѣйствія мы можемъ точно различить, если только узнаемъ дѣйствительное расширеніе отъ теплоты одной какой нибудь условной жидкости; потому что наблюдая видимое расширеніе той же самой жидкости въ какомъ нибудь данномъ сосудѣ, мы можемъ по разности узнать величину расширенія сосуда при всякомъ данномъ измѣненіи температуры. А разъ узнавши измѣненіе размѣровъ сосуда, мы уже конечно можемъ опредѣлить обсолютное расширеніе всякой другой жидкости, испытываемой въ немъ. Такимъ образомъ оказывается весьма важнымъ для научнаго изслѣдованія точно измѣрить абсолютное расширеніе отъ теплоты одной какой нибудь жидкости и ртуть, вслѣдствіе многихъ обстоятельствъ, самая пригодная для этого жидкость. Дюлонъ и Пети придумали для этого прекрасный способъ, устранивши совершенно дѣйствіе измѣненія объема сосуда. Двѣ вертикальныя трубки наполненныя ртутью были соединены внизу тонкою трубочкою и были подвергнуты дѣйствію различныхъ температуръ. Такъ какъ ртуть могла свободно течь изъ одной трубки въ другую, то оба столба оказываютъ равныя давленія на основаніи принциповъ гидростатики. Поэтому нужно было только измѣрить точно катетометромъ разницу въ уровнѣ поверхностей двухъ столбовъ ртути, чтобы получить разницу въ длинѣ столбовъ съ одинаковымъ гидростатическимъ давленіемъ, что сразу же показывало разницу въ плотности ртути и расширеніи отъ теплоты. Измѣреніе размѣровъ трубокъ становилось дѣломъ безразличнымъ и длина столба ртути при различныхъ температурахъ опредѣлялась также легко, какъ если бы это была твердая масса. Этотъ опытъ былъ повторенъ Реньо со многими улучшеніями въ подробностяхъ и абсолютное расширеніе ртути при температурахъ между 0° и 350° было опредѣлено почти съ желаемою точностью ¹).

Присутствіе большаго и неизвѣстнаго количества погрѣшности можетъ отнять всякое значеніе у эксперимента. Фуко придумалъ прекрасный экспериментъ съ маятникомъ для популярнаго доказательства вращенія земли; но этотъ опытъ не можетъ служить для точнаго измѣренія вращенія. Невозможно заставить маятникъ качаться въ совершенной плоскости и малѣйшее боковое движеніе даетъ ему эллиптическій ходъ съ поступательнымъ движе-

---

¹) Жаменъ, Cours de Physique, v. II. p. 15—28.

ніемъ оси эллипсиса, что маскируетъ, а частью совершенно пересиливаетъ движеніе происходящее отъ вращенія земли [1]).

Трудные опыты Фаредея объ отношеніи между тяжестью и электричествомъ всего болѣе были затрудняемы тѣмъ, что невозможно двигать большую металлическую массу, не возбуждая электрическихъ токовъ или треніемъ или индукціей. Было чрезвычайно трудно отличить электричество, если оно и было, прямо происходящее отъ дѣйствія тяжести, отъ большихъ количествъ его произведенныхъ не прямо. Бейли въ своихъ опытахъ надъ плотностью земли узналъ о существованіи необъяснимыхъ возмущеній, которыя съ тѣхъ поръ съ большою вѣроятностью относились къ дѣйствію электричества [2]). Часто экспериментаторъ истощаетъ все свое искуство и остроуміе на то, чтобы придумать форму аппарата, при которой бы такія причины ошибокъ доведены были до минимума.

Въ нѣкоторыхъ элементарныхъ экспериментахъ мы желаемъ просто констатировать существованіе количественнаго дѣйствія безъ точнаго измѣренія его величины; если существуютъ причины погрѣшности, величины которыхъ мы не знаемъ и не можемъ сдѣлать ее незначительною, тогда самое лучшее сдѣлать ихъ отрицательными, такъ чтобы количественныя дѣйствія оказались скорѣе меньше противъ дѣйствительности нежели больше. Грове, напр. доказывая, что намагничиваніе или размагничиваніе куска желѣза повышаетъ его температуру, принималъ ту предосторожность, что держалъ электро-магнитъ, которымъ намагничивалось желѣзо, въ низшей температурѣ чѣмъ желѣзо, такъ что онъ могъ скорѣе охладить чѣмъ нагрѣть желѣзо путемъ лучеиспусканія или проводимости [3]).

Знаменитый опытъ Румфорда для доказательства того, что при сверленіи пушки изъ механической силы развивается теплота, представляетъ ту слабую сторону, что теплота могла быть сообщена пушкѣ путемъ проводимости отъ сосѣднихъ тѣлъ. Деви остроумно придумалъ произвести треніе посредствомъ часоваго механизма поставленнаго на кусокъ льда въ безвоздушномъ пространствѣ; когда температура механизма повысилась больше 32°, то было несомнѣнно, что теплота не могла сообщиться ему путемъ проводимости отъ подставки [4]). Во многихъ другихъ опытахъ также употребляется ледъ для устраненія доступа теплоты посредствомъ проводимости и этотъ пріемъ, придуманный Мюреемъ [1]), нашолъ прекрасное примѣненіе въ калориметрѣ Бунзена.

---

[1]) Phil. Mag. 1851, 4 ser. v. II. passim.

[2]) Гирнъ, Phil. Trans. 1847. v. CXXXVII. p. 217—221.

[3]) The Correlation of Physical Forces, 3 ed. p. 159.

[4]) Collected Works of Sir H. Davy, v. II. p. 12—14. Elements of Chemical Philosophy, p. 94.

Наблюденія истинной температуры воздуха, дѣло повидимому очень легкое, на самомъ дѣлѣ очень трудно, потому что на термометръ несомнѣнно дѣйствуютъ лучи солнца, лучеиспусканіе отъ сосѣднихъ предметовъ или уходъ теплоты въ пространство. Эти источники теплоты слишкомъ измѣнчивы, чтобы возможна была поправка, такъ что единственно точный способъ, придуманный Джоулемъ, состоитъ въ томъ, чтобы окружать термометръ мѣднымъ цилиндромъ, остроумно приспособленнымъ къ температурѣ воздуха, такъ что дѣйствіе лучеиспусканія ничтожно [2]).

Если невозможно избѣжать погрѣшности, то нужно по крайней мѣрѣ довести до минимума абсолютное количество ея, прежде чѣмъ употреблять дальнѣйшіе методы для поправки результата. Какъ общее правило, мы можемъ опредѣлить количество тѣмъ съ меньшею неточностью, чѣмъ оно само меньше, такъ что если сама погрѣшность мала, то погрѣшность при опредѣленіи ея будетъ еще меньшею величиною. Но въ нѣкоторыхъ случаяхъ абсолютное количество погрѣшности не имѣетъ значенія, какъ напр. разница между хронометромъ и астрономическимъ временемъ. Величина, на которую отстаютъ или спѣшатъ часы, имѣетъ мало значенія, только бы она оставалась постоянною, такъ что можно было бы вѣрно опредѣлить ее.

2. *Дифференціальный методъ.*

Когда избѣжаніе погрѣшности невозможно, тогда мы можемъ съ успѣхомъ прибѣгнуть ко второму способу измѣренія явленій при такихъ обстоятельствахъ, чтобы она оставалась почти совершенно одинаковою при всѣхъ наблюденіяхъ и сама себя нейтрализовала въ видахъ искомой величины. Этотъ способъ примѣнимъ вездѣ, гдѣ намъ нужно знать разницу между количествами, а не абсолютную величину ихъ. Опредѣленіе параллакса неподвижныхъ звѣздъ чрезвычайно трудно, потому что величина параллакса сама гораздо меньше чѣмъ многія изъ поправокъ на атмосферную рефракцію, на нутацію, аберрацію, инструментальныя невѣрности и проч. и съ трудомъ можетъ быть открыта между этими явленіями различной величины. Но, какъ уже давно замѣчено было Галилеемъ, всѣхъ этихъ трудностей можно было бы избѣжать посредствомъ дифференціальнаго наблюденія звѣздъ, которыя хотя кажутся близкими, однако на дѣлѣ очень далеки по линіи зрѣнія. Двѣ такія звѣзды, кажущіяся весьма близкими, подвержены почти совершенно равнымъ погрѣшностямъ, такъ что намъ нужно только наблюдать видимую перемѣну мѣста ближайшей звѣзды относительно болѣе далекой. Для примѣненія этого метода нуженъ только хорошій телескопъ съ точнымъ микрометромъ. Гюйгенсъ кажется былъ первымъ наблюдателемъ, пробовавшимъ употребить на практикѣ этотъ методъ, но не раньше какъ въ 1835 г. улучшеніе телескоповъ и микрометровъ дало Струве возможность опредѣлить этимъ способомъ параллаксъ звѣзды α Лиры. Наблюденіе прохожденія Венеры представляетъ между прочимъ ту выгоду, что рефракція атмосферы въ совершенно одинаковой степени дѣйствуетъ какъ на планету, такъ и на часть солнечнаго диска, по которой она проходитъ. Такимъ образомъ наблюденіе имѣетъ здѣсь строго дифференціальный характеръ.

---

[1]) Nicholson's Journal, v. I. p. 241; цитировано въ Treatise on Heat, Useful Knowledge Society, p. 24.

[2]) Клеркъ Максуэль, Theory of Heat. p. 228. Proceed. of the Manch. Phil. Soc., Nov. 26, 1867, v. VII. p. 35.

Посредствомъ процесса замѣстительнаго взвѣшиванія можно убѣдиться почти совершенно безошибочно въ равенствѣ или неравенствѣ по вѣсу двухъ предметовъ. Если два предмета A и B положены на чашки самыхъ лучшихъ вѣсовъ, то мы не можемъ быть увѣрены въ томъ, что равновѣсіе коромысла показываетъ совершенное равенство, потому что плеча коромысла могутъ быть неравны или неравновѣсны. Но если мы снимемъ B и на его мѣсто положимъ другой предметъ C и равновѣсіе вѣсовъ не нарушится, то очевидно, что одни и тѣ же причины ошибочнаго взвѣшиванія существуютъ въ обоихъ случаяхъ, предполагая, что вѣсы оставались неизмѣнными; тогда B должно быть совершенно равно C, такъ какъ оно при одинаковыхъ обстоятельствахъ производитъ совершенно одинаковое дѣйствіе. Подобнымъ же образомъ какъ общее правило вѣрно и то, что если какимъ нибудь одинаковымъ процессомъ мы получаемъ копіи съ предмета, то невѣроятно, чтобы копія была совершенно сходна съ оригиналомъ по величинѣ и формѣ; но двѣ копіи будутъ одинаково разниться отъ оригинала и поэтому будутъ почти совершенно сходны одна съ другою.

Дифференціальный термометръ Лесли [1]) очень пригоденъ для тѣхъ опытовъ, для которыхъ онъ былъ предназначенъ. Такъ какъ онъ имѣетъ два равныхъ шарика, то всякое измѣненіе температуры воздуха будетъ дѣйствовать путемъ проводимости одинаково на каждый и не произведетъ измѣненія въ показаніяхъ инструмента. Только лучистая теплота, которая нарочно направляется на одинъ изъ шариковъ, произведетъ какое нибудь дѣйствіе. Словомъ этотъ термометръ механически осуществляетъ принципъ дифференціальнаго метода.

---

[1]) Лесли, Inquiry into the Nature of Heat, p. 10.

3. *Методъ поправки.*

Если результатъ опыта оказывается отъ дѣйствія посторонней причины невѣрнымъ на какое нибудь количество, могущее быть вычисленнымъ, то достаточно только прибавить или вычесть это количество. Произведя поправку въ наблюденіяхъ, мы собственно выдѣляемъ то, что происходитъ отъ постороннихъ причинъ, отдѣляемъ одно отъ другаго вѣрныя дѣйствія многихъ агентовъ. Измѣненія высоты барометра происходятъ отчасти отъ измѣненія температуры, но такъ какъ коэффиціентъ абсолютнаго расширенія ртути уже опредѣленъ точно, какъ объяснено выше (стр. 322), то намъ нужно сдѣлать только самое простое вычисленіе или еще лучше составить таблицу ряда такихъ вычисленій для общаго употребленія, и поправка на температуру можетъ быть сдѣлана съ желаемою точностью. На высоту ртути въ барометрѣ также дѣйствуетъ капилярное притяженіе, которое понижаетъ ее на постоянное количество, зависящее главнымъ образомъ отъ діаметра трубки. Нужныя поправки могутъ быть сдѣланы съ точностью достаточною для многихъ цѣлей, особенно еще когда мы свѣримъ показанія барометра съ образцовымъ барометромъ и введемъ если нужно поправку на погрѣшности въ показаніяхъ, происходящія отъ инструментальной погрѣшности въ прикрѣпленіи скалы и отъ дѣйствія капилярности. Но устраивая образцовый барометръ, мы должны соблюдать величайшія предосторожности; капилярное пониженіе нѣсколько зависитъ отъ качества стекла, отсутствія воздуха и отъ совершенной чистоты ртути, такъ что нельзя опредѣлить точно количество этого дѣйствія. Поэтому образцовый барометръ устраивается изъ широкой трубки, иногда до дюйма въ діаметрѣ, такъ что дѣйствіе капилярности можетъ быть доведено почти до нуля [1]). Гей-Люссакъ дѣлалъ барометры въ формѣ однообразной сифонной трубки, такъ что капилярныя силы дѣйствующія на верхнюю и нижнюю поверхности уравновѣшиваются и уничтожаютъ другъ друга; но этотъ методъ неудобенъ на практикѣ, такъ какъ нижняя поверхность, будучи открыта для воздуха, тускнѣетъ, засоряется и подвергается дѣйствію иной силы капилярности.

Въ механическихъ опытахъ треніе есть мѣшающіе условіе и поглощаетъ часть живой силы, предназначенной дѣйствовать въ извѣстномъ опредѣленномъ направленіи. Прежде всего мы должны стараться уменьшить треніе до возможной степени; но такъ какъ его нельзя устранить совершенно и нельзя вычислить съ точностью на основаніи какихъ нибудь общихъ законовъ, то мы должны опредѣлять величину его отдѣльно для каждаго аппарата особенными опытами. Такъ Смитонъ въ его удивительныхъ, но почти совершенно забытыхъ изслѣдованіяхъ надъ водяными колесами выдѣлилъ треніе самымъ простымъ образомъ, опредѣливши особымъ опытомъ, какая тяжесть, дѣйствуя на веревку и валъ въ его модели водянаго колеса, можетъ заставить его вращаться безъ воды также быстро, какъ его вращаетъ вода. Словомъ, онъ опредѣлилъ, какая тяжесть, присоединенная къ дѣйствію воды совершенно компенсировала бы треніе ¹). Въ опытахъ Джоуля для опредѣленія механическаго эквивалента теплоты посредствомъ сгущенія воздуха развивалось значительное количество теплоты отъ тренія нагнетательнаго насоса и небольшое количество отъ взбалтыванія воды, употреблявшейся для поглощенія теплоты. Теплота отъ тренія была опредѣлена просто повтореніемъ опыта совершенно одинаковымъ образомъ, исключая того, что не производилось сгущенія, и измѣреніемъ развивавшейся при этомъ температуры ²).

---

[1]) Джевонсъ, Уаттса Dictionary of Chemistry, v. I. p. 513—515.

Мы можемъ назвать *пробнымъ опытомъ* всякій опытъ, въ которомъ мы совершаемъ операціи, имѣющія цѣлью опредѣлить не количество главнаго явленія, но такое количество, которое составляло бы погрѣшность въ результатѣ. Такъ въ астрономическихъ наблюденіяхъ можно устранить почти всякую погрѣшность, увеличивая число наблюденій и распредѣляя ихъ такъ, чтобы въ окончательномъ среднемъ выводѣ величина погрѣшности въ одномъ направленіи была такая же какъ и въ другомъ. Но есть одинъ источникъ ошибокъ, впервые открытый Маскелиномъ, котораго нельзя избѣжать такимъ образомъ, потому что онъ измѣняетъ всѣ наблюденія въ одномъ направленіи и до одной и той же средней величины, это именно личная погрѣшность наблюдателя или наклонность отмѣчать прохожденіе звѣзды черезъ нити телескопа нѣсколько раньше или позже. Эта личная погрѣшность была обстоятельно описана въ первый разъ въ Edinburgh Journal of Science, v. I. p. 178. Разница между сужденіями наблюдателей въ гринвичской обсерваторіи обыкновенно измѣняется отъ $\frac{1}{100}$ до $\frac{1}{3}$ секунды и остается довольно постоянной для однихъ и тѣхъ же наблюдателей ³). Одинъ опытный наблюдатель въ экспериментахъ Эйри съ маятникомъ отмѣчалъ время въ своихъ наблюденіяхъ среднимъ числомъ на полсекунды раньше сравнительно съ главнымъ наблюдателемъ ⁴). У нѣкоторыхъ наблюдателей такая разница составляетъ до семи или осьми десятыхъ секунды ⁵). Де-Морганъ кажется держался того мнѣнія, что этотъ источникъ погрѣшностей

---

¹) Phil. Trans. v. LI., p. 100.

²) Phil. Mag. 3 ser. v. XXVI. p. 372.

³) Greenwich Observations for 1866, p. XLIX.

⁴) Phil. Trans. 1856, p. 309.

⁵) Penny Cyclopaedia, стат. Transit, v. XXV. p. p. 129, 130.

не допускаетъ ни устраненія ни поправки [1]). Но несомнѣнно, что эта погрѣшность можетъ быть опредѣлена съ желаемою степенью точности, какъ я предлагалъ, не зная, что это уже дѣлается, посредствомъ пробныхъ опытовъ, состоящихъ въ томъ, чтобы сдѣлать искуственную звѣзду, двигать ее на значительномъ разстояніи и отмѣчать посредствомъ электричества точный моментъ ея прохожденія черезъ нить. Этотъ методъ съ успѣхомъ употреблялся въ Лейденѣ, Парижѣ и Нефшателѣ [2]). Недавно наблюдатели приготовляли себя къ наблюденіямъ Венеры посредствомъ механической модели представлявшей движеніе Венеры по солнечному диску. Модель эта была помѣщена на небольшомъ разстояніи и наблюдалась въ телескопъ, такъ что разница въ опредѣленіяхъ разныхъ наблюдателей была очевидна. Кажется, что пробы этого рода могутъ быть съ пользою употребляемы и въ другихъ случахъ.

Ньютонъ употреблялъ маятникъ для производства экспериментовъ надъ ударомъ шаровъ. Два шара были повѣшены такъ, что касались другъ друга и одинъ изъ нихъ, будучи отведенъ въ сторону на величину какой нибудь измѣренной дуги, пускался и ударялся о другой и дуги его качанія представляли достаточныя данныя для вычисленія распредѣленія живой силы въ моментъ удара. Сопротивленіе воздуха было здѣсь мѣшающею причиною, которую онъ опредѣлилъ, заставляя одинъ изъ шаровъ сдѣлать нѣсколько полныхъ качаній и замѣчая уменьшеніе длины дугъ; а затѣмъ надлежащая часть этого уменьшенія прибавлялась къ каждой дугѣ качанія происходившаго отъ удара [3]).

Точное опредѣленіе образцовой длины есть одинъ изъ самыхъ важныхъ и вмѣстѣ съ тѣмъ одинъ изъ самыхъ трудныхъ вопросовъ въ физической наукѣ и разные пріемы у разныхъ народовъ производятъ не нужную путаницу. Если бы образцы были устроены такъ, чтобы они давали истинную длину при данной однообразной температурѣ, тогда можно было бы сравнивать какіе нибудь два образца безъ погрѣшностей отъ температуры, приведши ихъ къ одной и той же постоянной температурѣ. Но къ сожалѣнію французскій метръ былъ опредѣленъ платиновой линейкой при 0° Ц., между тѣмъ какъ англійскій ярдъ былъ опредѣленъ бронзовой линейкой при 62° Ф. Поэтому невозможно сдѣлать сравненіе между метромъ и ядромъ, не дѣлая поправки на расширеніе платины или бронзы, или той и другой. Металлическія линейки до такой степени разнятся въ величинѣ расширенія смотря по ихъ молекулярному состоянію, что было бы спасно отъ одной линейки заключать къ другой.

---

[1] Jbid. стат. Observation, p. 390.

[2] Nature, v. I. 337. См. ссылки на мемуары описывающіе методъ.

[3] Principia, кн. I. законъ III. Выводъ VI. примѣчаніе. Англійскій переводъ Мотте, v. I. p. 33.

Когда намъ приходится употреблять инструменты съ большою точностью, тогда мы должны принимать предосторожности противъ многихъ незначительныхъ источниковъ погрѣшностей. Если термометръ былъ раздѣленъ на градусы при перпендикулярномъ положеніи, то показанія его будутъ нѣсколько иныя, если его положить горизонтально, когда устраняется давленіе столба ртути на шарикъ. Показанія также могутъ нѣсколько измѣниться, если передъ опытомъ ртуть была поднята до высшей температуры чѣмъ обыкновенно, если термометръ находится въ безвоздушномъ пространствѣ или если трубка нагрѣвается неодинаково съ шарикомъ. Для этихъ мелкихъ причинъ мы должны вводить затруднительныя поправки, или же должны принять простую предосторожность—употреблять термометръ при сохраненіи всѣхъ тѣхъ условій положенія и проч., при которыхъ производилось его дѣленіе. Нѣтъ и конца числу тѣхъ мелкихъ поправокъ, которыя могутъ понадобиться. Многіе опыты надъ газами, образцовыми вѣсами и мѣрами и проч. зависятъ отъ высоты барометра; но когда сравниваются опыты произведенные въ различныхъ странахъ, то мы должны производить еще болѣе утонченную поправку, принимая въ соображеніе разницу силы тяжести, которая уже между Лондономъ и Парижемъ составляетъ 0,008 дюйма ртути.

Измѣреніе количествъ теплоты представляетъ большія трудности, такъ какъ мы не имѣемъ тѣла, которое было бы непроницаемо для теплоты,—задача столь же трудная какъ измѣреніе жидкостей пористыми протекающими сосудами. Для опредѣленія скрытой теплоты пара, мы должны сгустить извѣстное количество пара въ извѣстное количество по вѣсу воды, и затѣмъ наблюдать повышеніе температуры воды. Но во время эксперимента часть теплоты уходитъ путемъ лучеиспусканія и проводимости изъ сгущающаго сосуда или калориметра. Конечно мы можемъ уменьшить потерю теплоты, употребляя сосуды съ двойными стѣнками и блестящими поверхностями, окруженные лебяжьимъ пухомъ и другими непроводящими матеріалами; мы можемъ также не допускать поднятія температуры воды гораздо выше температуры окружающаго воздуха. Однакоже и такими средствами мы не можемъ предотвратить значительной потери теплоты. Румфордъ остроумно предложилъ довести потерю до нуля тѣмъ, чтобы начинать опытъ тогда, когда температура калориметра настолько ниже температуры воздуха, насколько она будетъ выше ея въ концѣ опыта. Такимъ образомъ посредствомъ лучеиспусканія и проводимости сосудъ сначала пріобрѣтетъ, а потомъ потеряетъ нѣсколько теплоты и эти противоположныя погрѣшности приблизительно уравновѣсятъ другъ друга. Но Реньо показалъ, что потеря и пріобрѣтеніе происходятъ не по совершенно одинаковымъ законамъ, такъ что въ весьма точныхъ изслѣдованіяхъ методъ Румфорда недостаточенъ. Остается методъ поправки, такъ прекрасно примѣненный Реньо при опредѣленіи имъ скрытой теплоты пара. Онъ употреблялъ два калориметра, сдѣланные совершенно одинаково и поперемѣнно употреблявшіеся для сгущенія извѣстнаго количества пара, такъ что когда одинъ калориметръ измѣрялъ скрытую теплоту, тогда другой опредѣлялъ необходимыя поправки какъ вслѣдствіе лучеиспусканія и проводимости изъ сосуда, такъ и вслѣдствіе теплоты сообщавшейся сосуду посредствомъ соединительныхъ трубокъ [1]).

4. *Методъ компенсаціи.*

Есть много случаевъ, когда причина погрѣшности не можетъ быть доведена до нуля и когда однакоже не можетъ быть примѣненъ и третій методъ вычисленія требуемой поправки на основаніи независимыхъ наблюденій. Величина погрѣшности можетъ подвергаться постояннымъ колебаніямъ вслѣдствіе измѣненія погоды и другихъ измѣнчивыхъ обстоятельствъ, находящихся внѣ нашего контроля. Или бываетъ неудобно наблюдать измѣненіе этихъ обстоятельствъ съ достаточною подробностью, или если они наблюдены, то вычисленіе количества погрѣшности можетъ быть сомнительнымъ. Въ этихъ случаяхъ и только въ этихъ нужно придумывать какой нибудь искуственный способъ противопоставлять измѣняющейся поправкѣ равную ей поправку, подверженную совершенно такому же измѣненію.

Мы не можемъ взвѣсить предмета съ большою точностью, если не сдѣлаемъ поправки на вѣсъ воздуха вытѣсняемаго предметомъ и не прибавимъ ее къ наблюдаемому вѣсу. Въ весьма точныхъ изслѣдованіяхъ относительно образцовыхъ вѣсовъ обыкновенно обозначаютъ состояніе барометра и термометра во время взвѣшиванія и по измѣреннымъ объемамъ сравниваемыхъ предметовъ вычисляютъ вѣсъ вытѣсненнаго воздуха; значитъ употребляется собственно третій методъ. Такъ какъ было бы чрезвычайно затруднительно производить эти вычисленія при частыхъ взвѣшиваніяхъ нужныхъ при химическихъ анализахъ, то поправка обыкновенно пренебрегается. Но когда химикъ желаетъ взвѣсить газъ содержащійся въ большомъ стекляномъ шарѣ съ цѣлью опредѣленія его удѣльнаго вѣса, то поправка получаетъ большую важность. Поэтому химикъ избѣгаетъ сразу и погрѣшности и труда поправки ея, прикрѣпляя къ противоположной чашкѣ вѣсовъ пустой запаянный стекляный шаръ по вмѣстимости равный шару содержащему взвѣшиваемый газъ; и ему остается только замѣтить разницу въ вѣсѣ, когда дѣйствующій шаръ наполненъ и когда онъ пустой. Такъ какъ поправка одинакова для обоихъ шаровъ, то ею можно вполнѣ пренебречь ¹).

---

[1]) Грэмъ, Chemical Reports and Memoirs, Cavendish Society, p. 247, 268 etc.

Пріемъ почти такого же рода употребляется при устройствѣ гальванометровъ, измѣряющихъ силу электрическаго тока отклоненіемъ висящей магнитной стрѣлки. Сопротивленіе стрѣлки происходитъ частью отъ направляющаго вліянія земнаго магнетизма, а частью отъ крученія нити. Но первая сила часто можетъ быть непропорціонально велика и затруднительно измѣрить ее для различныхъ наклоненій. Поэтому принято соединять вмѣстѣ двѣ одинаково намагниченныя стрѣлки, такъ чтобы полюсы ихъ стояли въ противоположныхъ направленіяхъ, и одна стрѣлка находится внѣ, а другая внутри оборотовъ проволоки. Относительно земнаго магнетизма стрѣлки теперь астатичны или индифференты и стремленіе одной стрѣлки къ полюсу уравновѣшивается стремленіемъ другой.

Прекрасный примѣръ выдѣленія возмущающей силы посредствомъ компенсаціи находится въ изслѣдованіяхъ Фаредея о магнетизмѣ газовъ. Наблюдать магнитное притяженіе или отталкиваніе газа возможно не иначе какъ помѣстивши газъ въ оболочку, которую лучше всего можно сдѣлать изъ стекла. Но на всякую такую оболочку болѣе или менѣе дѣйствуетъ магнитъ, такъ что становится труднымъ различить учавствующія въ опытѣ три силы, именно магнетизмъ изслѣдуемаго газа, магнетизмъ оболочки и магнетизмъ окружающаго атмосфернаго воздуха. Фаредей устранилъ эти трудности, употребляя двѣ равныя и одинаковыя стеклянныя трубки соединенныя вмѣстѣ и повѣшенныя на крутительныхъ вѣсахъ такимъ образомъ, чтобы трубки находились въ подобныхъ частяхъ магнитнаго поля. Когда одна трубка была наполнена азотомъ, а другая кислородомъ, то оказалось, что кислородъ какъ будто притягивается, а азотъ отталкивается. Тогда нитка вѣсовъ, на которой висѣли трубки, была повернута настолько, чтобы сила скручиванія подвинула трубки на ихъ первоначальныя мѣста, гдѣ магнетизмъ трубокъ также какъ и окружающаго воздуха, будучи одинаковымъ и дѣйствуя на трубки въ противоположныхъ направленіяхъ, не могъ оказывать никакого дѣйствія. Сила нужная для того, чтобы возвратить трубки на прежнее мѣсто, измѣрялась величиною скручиванія нити и вѣрно показывала разницу между притягательными способностями кислорода и азота. Затѣмъ кислородъ былъ удаленъ изъ одной трубки и сдѣланъ былъ другой опытъ, чтобы сравнить пустоту съ азотомъ. Теперь не нужно было никакой силы, чтобы удержать трубки на ихъ мѣстахъ, такъ что азотъ оказывался, приблизительно говоря, индифферентнымъ къ магниту, между

---

²) Реньо, Cours Elémentaire de Chimie, 1851, v. I. p. 141.

тѣмъ какъ кислородъ оказался магнитнымъ положительно [1]). Нужно было все высокое экспериментальное искуство Фаредея и Тиндаля, чтобы отличить въ магнитномъ притяженіи и отталкиваніи кажущееся отъ дѣйствительнаго.

Только опытъ одинъ можетъ рѣшить окончательно, когда методъ компенсаціи можетъ повести къ точности. Какъ общее же правило механическая компенсація есть самый послѣдній рессурсъ и вѣроятно, что въ наиболѣе точныхъ наблюденіяхъ она больше вводитъ невѣрностей, чѣмъ устраняетъ ихъ. Было придумано множество инструментовъ производящихъ механическую компенсацію, но они обыкновенно не имѣютъ научнаго характера, потому что компенсируемыя ими погрѣшности могутъ быть точно опредѣлены и поправлены. Но есть исключенія изъ этого правила и можно считать доказаннымъ, что въ тонкой и хлопотливой операціи измѣренія базиса неизмѣняющіяся линейки, компенсированныя на расширеніе отъ теплоты, даютъ самые точные результаты. Это происходитъ отъ того, что весьма трудно опредѣлить точно температуру измѣряющихъ линеекъ при измѣняющихся условіяхъ погоды и манипуляцій [2]). Кромѣ того послѣднее улучшеніе въ измѣреніи времени въ гринвичской обсерваторіи основано на механической компенсаціи. Эйри, замѣтивши, что невѣрность образцовыхъ часовъ увеличивается на 0,30 секунды отъ увеличенія атмосфернаго давленія на одинъ дюймъ, помѣстилъ подъ маятникомъ магнитъ, приводимый въ движеніе барометромъ и находящійся въ такомъ положеніи, что онъ почти совершенно нейтрализуетъ эту причину неправильности. Однако болѣе дѣйствительнымъ средствомъ было бы совершенно устранить причину ошибки, помѣстивши часы въ безвоздушный ящикъ.

Мы видимъ такимъ образомъ, что выборъ того или другого способа устраненія погрѣшности вполнѣ зависитъ отъ обстоятельствъ и отъ цѣли имѣющейся въ виду; но мы можемъ съ увѣренностью принять слѣдующія заключенія. Прежде всего нужно стараться избѣгать погрѣшности устраненіемъ источника ея, если это удобно сдѣлать; если же это невозможно, тогда производить экспериментъ такъ, чтобы погрѣшность была сколько возможно мала и особенно сколько возможно постоянна. Если есть средства для опредѣленія ея количества посредствомъ вычисленій основанныхъ на другихъ экспериментахъ и принципахъ науки, то можно оставить погрѣшность при опытахъ и потомъ дѣлать поправку въ результатѣ. Если же этого нельзя сдѣлать точно или же при этомъ требуется слишкомъ много труда, тогда противопоставляютъ этой погрѣшности противодѣйствующую погрѣшность, которая по возможности была бы при всѣхъ обстоятельствахъ равна по количеству устраняемой. Затѣмъ остается еще одинъ важный методъ поворачиванія или обратный методъ, который послужитъ для насъ удобнымъ переходомъ къ слѣдующимъ главамъ о методѣ среднихъ результатовъ и о законѣ погрѣшности.

---

[1]) Тиндаль, Faraday, p. 114, 115.

[2]) Грантъ, History of Physical Astronomy, p. 146, 147.

5. *Обратный методъ.*

Пятый методъ устраненія погрѣшности есть самый дѣйствительный и удовлетворительный, когда онъ можетъ быть примѣненъ; но для этого требуется, чтобы мы имѣли возможность перевернуть аппаратъ и сдѣлать обратную процедуру, такъ чтобы заставить мѣшающую причину дѣйствовать поперемѣнно въ противоположныхъ направленіяхъ. Если мы можемъ получить два опытныхъ результата, изъ которыхъ одинъ настолько больше дѣйствительнаго, насколько другой меньше, то погрѣшность будетъ равна половинѣ разности, а дѣйствительный результатъ будетъ среднее двухъ полученныхъ результатовъ. Напр. неизбѣжный недостатокъ химическихъ вѣсовъ состоитъ въ томъ, что точки привѣса чашекъ не могутъ быть укрѣплены на совершенно равныхъ разстояніяхъ отъ центра привѣса коромысла. Поэтому два предмета, которые повидимому уравновѣшиваютъ другъ друга, въ дѣйствительности не будутъ совершенно равны. Разницу можно открыть посредствомъ обратнаго взвѣшиванія; ее можно опредѣлить, прибавляя небольшіе разновѣски къ недостающей сторонѣ для возстановленія равновѣсія и затѣмъ истиннымъ вѣсомъ будетъ геометрическое среднее двухъ полученныхъ вѣсовъ того же предмета. Если разница не велика, то ариѳметическое среднее или половина суммы можетъ быть взято вмѣсто геометрическаго средняго, отъ котораго она будетъ разниться немногимъ.

Этотъ методъ поворачиванія очень часто употребляется въ практической астрономіи. Видимая высота небеснаго тѣла наблюдается телескопомъ движущимся по раздѣленному кругу, на которомъ и читаются показанія наклоненія телескопа. Но это чтеніе будетъ ошибочно, если кругъ и телескопъ имѣютъ не вполнѣ одинъ и тотъ же центръ. Но если мы сосчитаемъ показанія на обоихъ концахъ телескопа, то одинъ счетъ будетъ почти настолько малъ, насколько другой великъ, а потому среднее ихъ будетъ почти совершенно безошибочно. На практикѣ наблюденіе ведется различно, но принципъ остается тотъ же; телескопъ прикрѣпленъ къ кругу, который движется вмѣстѣ съ нимъ и уголъ, на который онъ передвигается, читается въ трехъ, шести и болѣе мѣстахъ расположенныхъ на равныхъ растояніяхъ на кругѣ. Прежніе астрономы, даже до времени Флемстида, обыкновенно употребляя только части круга, обыкновенно четверти, квадранты и Ремеръ сдѣлалъ большое улучшеніе, когда ввелъ полный кругъ.

Пассажный кругъ употребляемый для опредѣленія прохожденія небесныхъ тѣлъ черезъ меридіанъ устроенъ такъ, что телескопъ и держащая его ось, словомъ вся движущаяся часть инструмента, можетъ быть вынута изъ поддерживающихъ ее гнѣздъ и перевернута такъ, что цапфа бывшая прежде восточною станетъ западною и наоборотъ. Невозможно устроить, укрѣпить и приспособить инструментъ такъ совершенно, чтобы телескопъ стоялъ какъ разъ въ меридіанѣ; но вслѣдствіе переворачиванія онъ въ одномъ положеніи уклоняется слишкомъ на западъ, а въ другомъ столько же на востокъ, а потому въ среднемъ результатѣ наблюденій въ двухъ положеніяхъ не будетъ погрѣшности происходящей отъ указанной причины.

Точность, съ которою можетъ быть опредѣлено наклоненіе магнитной стрѣлки, почти вполнѣ зависитъ отъ метода поворачиванія. Стрѣлка состоитъ изъ полоски намагниченной стали повѣшенной нѣсколько сходно съ коромысломъ вѣсовъ на тонкой оси проходящей черезъ центръ тяжести полоски, такъ что она можетъ свободно оставаться въ томъ положеніи наклоненія въ магнитномъ меридіанѣ, какое даетъ ей вліяніе земнаго магнетизма. Наклоненіе стрѣлки считается на вертикальномъ раздѣленномъ кругѣ, но чтобы избѣжать ошибки происходящей отъ центрованія стрѣлки и круга, читаются показанія на обоихъ концахъ и берется среднее ихъ. Затѣмъ инструментъ тщательно поворачивается кругомъ на 180°, вслѣдствіе чего стрѣлка принимаетъ новое положеніе относительно круга и даетъ два новыхъ показанія, въ которыхъ каждая ошибка происходящая отъ невѣрнаго положенія нуля дѣленій будетъ обратною. Такъ какъ ось стрѣлки можетъ быть не вполнѣ горизонтальною, то она переворачивается такимъ же образомъ какъ пассажный инструментъ и конецъ оси прежде указывавшій на востокъ теперь указываетъ на западъ и затѣмъ читается новая серія четырехъ показаній.

Наконецъ погрѣшность можетъ происходить отъ того, что ось проходитъ не совершенно черезъ центръ тяжести стрѣлки, и эта ошибка можетъ быть открыта и устранена измѣненіемъ магнитныхъ полюсовъ стрѣлки при вомощи сильнаго магнита. Этимъ ошибка дѣйствуетъ въ противоположныхъ направленіяхъ. Для достиженія всей возможной точности каждое поворачиваніе должно быть комбинируемо со всѣми другими поворачиваніями, такъ чтобы стрѣлка была наблюдаема въ осьми различныхъ положеніяхъ при 16 чтеніяхъ показаній, среднее которыхъ дастъ требуемое наклоненіе безъ всякихъ устранимыхъ погрѣшностей ¹).

---

¹) Кетеле Sur la Physique du Globe, p. 174. Жаменъ, Cours de Physique, v. I. p. 504.

Есть нѣсколько случаевъ, въ которыхъ возмущающую причину легко заставить дѣйствовать въ противоположныхъ направленіяхъ при разныхъ наблюденіяхъ, такъ что среднее полученныхъ результатовъ будетъ безъ погрѣшности производимой этою причиною. Такъ въ прямыхъ опытахъ надъ скоростью звука въ воздухѣ между двумя станціями на разстояніи двухъ или трехъ миль вѣтеръ бываетъ причиною погрѣшности. Прежде всего конечно слѣдуетъ выбирать время для опытовъ, когда воздухъ находится въ покоѣ и возмущающее дѣйствіе слабо. Но если въ одинъ и тотъ же моментъ будутъ произведены сигнальные звуки на каждой станціи и наблюдаемы на другой, тогда два звука, проходя въ противоположныхъ направленіяхъ черезъ одну и туже массу воздуха и вѣтра, будутъ двигаться одинъ скорѣе настолько, на сколько другой медленнѣе. Подобнымъ же образомъ при тригонометрическихъ съемкахъ видимая высота пункта будетъ невѣрна вслѣдствіе атмосферной рефракціи и кривизны земли. Но если видимая высота двухъ пунктовъ будетъ наблюдаема съ каждаго изъ этихъ пунктовъ, то погрѣшности будутъ одинаковы по величинѣ, но противоположны по направленію и среднее между двумя наблюдаемыми различіями въ высотѣ дастъ истинную разницу уровня ихъ.

Въ слѣдующихъ двухъ главахъ мы прослѣдимъ обратный методъ въ его болѣе сложныхъ примѣненіяхъ.

ГЛАВА XVI.

МЕТОДЪ СРЕДНИХЪ.

Всѣ результаты измѣренія непрерывнаго количества могутъ быть только приблизительно вѣрны. Если это положеніе покажется сомнительнымъ, то его можно доказать прямымъ опытомъ. Если кто нибудь, употребляя самый точный инструментъ, дѣлаетъ рядъ наблюденій безъ предвзятой мысли, то онъ найдетъ, что результаты наблюденій почти всегда будутъ разниться одинъ отъ другаго. Если мы работаемъ очень тщательно, то даже такой простой опытъ какъ взвѣшиваніе предмета на хорошихъ вѣсахъ, повторенный нѣсколько разъ, даетъ каждый разъ разныя числа. Только невнимательный и нетребовательный экспериментаторъ можетъ думать, что его наблюденія вполнѣ согласны между собою; но это потому, что онъ не замѣчаетъ разностей. Самыя тщательныя изслѣдованія, напр. относительно образцовыхъ вѣсовъ и мѣръ, всегда показываютъ, что полное совпаденіе результатовъ есть невозможность и что чѣмъ точнѣе становятся наши способы измѣренія, тѣмъ больше является источниковъ небольшихъ погрѣшностей, которыя становятся замѣтными. Мы можемъ смотрѣть на существованіе погрѣшности во всѣхъ измѣреніяхъ какъ на нормальное положеніе дѣла. Рѣшительно невозможно выдѣлить отдѣльно множество мелкихъ возмущающихъ вліяній иначе, какъ только уравновѣшивая ихъ одни другими. Даже при выводѣ средней величины нужно ожидать, что мы только приблизимся къ истинѣ, а не опредѣлимъ ее съ точностью. При измѣреніяхъ непрерывныхъ количествъ безусловное совпаденіе, если оно когда нибудь замѣчается, должно быть только кажущимся и не служитъ признакомъ точности. Одна изъ самыхъ затруднительныхъ вещей, какая можетъ встрѣтиться при опытахъ, это то, когда результаты сходятся слишкомъ близко. Такія совпаденія возбуждаютъ подозрѣніе, что употребляемый аппаратъ дѣйствуетъ не вполнѣ свободно, такъ что вовсе не можетъ дать вѣрнаго результата или что дѣйствительные результаты не вполнѣ вѣрно были замѣчены помощникомъ слѣдившимъ за аппаратомъ.

Если такимъ образомъ мы не можемъ два раза сряду получать совершенно одинаковаго результата, то возникаетъ вопросъ, какимъ же образомъ мы можемъ достигнуть истины или выбрать результатъ, о которомъ можно полагать, что онъ наиболѣе близокъ къ истинѣ? Количество извѣстнаго явленія выражается нѣсколькими числами, которыя разнятся между собою; не иначе, какъ только одно изъ нихъ можетъ быть вѣрнымъ, но вѣрнѣе, что они всѣ одинаково невѣрны. Въ этомъ случаѣ можно было бы предложить правило, чтобы наблюдатель выбиралъ изъ многихъ то одно наблюденіе, которое по его мнѣнію произведено лучше всѣхъ; и дѣйствительно у него можетъ быть вѣрное чутье, что одни результаты болѣе удовлетворительны, а другіе менѣе надежны. Этого правила кажется и держались обыкновенно прежніе астрономы. Флемстидъ, произведши нѣсколько наблюденій относительно звѣзды, выбиралъ вѣроятно произвольно тѣ, которыя казались ему наиболѣе близкими къ истинѣ [1]).

Когда Горроксъ при опредѣленія полудіаметра солнца взялъ среднее между результатами Кеплера и Тихо, то сдѣлалъ это, по его сознанію, не потому, что считалъ нужнымъ слѣдовать дурной поговоркѣ medio tutissimus ibis (серединою пройдешь безопаснѣе всего), но потому что на основаніи собственныхъ наблюденій считалъ его вѣрнымъ [2]). Но этотъ методъ не примѣнимъ тогда, когда наблюдатель имѣетъ нѣсколько измѣреній, которыя всѣ одинаково хороши по его мнѣнію, и ясно, что употребляя инструментъ или аппаратъ представляющій большую сложность наблюдатель конечно не будетъ въ состояніи судить, мѣшаютъ ли его операціямъ какія нибудь мелкія причины или нѣтъ.

Въ этомъ вопросѣ, какъ и вообще во всей индуктивной логикѣ, мы имѣемъ дѣло только съ вѣроятностями. Нѣтъ безошибочнаго способа для достиженія абсолютной истины, которая недостижима для человѣческаго разума и можетъ быть только отдаленною цѣлью нашихъ продолжительныхъ и трудныхъ приближеній. Тѣмъ не менѣе есть способъ, на который указываютъ намъ какъ здравый смыслъ, такъ и высшія математическія умозаключенія и который, вообще говоря, представляетъ гораздо болѣе шансовъ, чѣмъ всѣ другіе способы, для того чтобы приблизить насъ къ истинѣ. Αριστον μετρον или aurea mediocritas (золотая середина) высоко цѣнилась въ древней философіи Греціи и Рима; но невѣроятно, чтобы кто нибудь изъ древнихъ былъ въ состояніи ясно анализировать и выяснить основанія, почему они защищали *середину* какъ самый безопасный путь. Но въ теченіи двухъ послѣднихъ столѣтій этотъ повидимому простой вопросъ составляетъ предметъ самыхъ высшихъ математическихъ вычисленій. Рожеръ Котесъ, издатель Principia Ньютона, повидимому имѣлъ нѣкоторое понятіе о важности среднихъ величинъ; но едвали можно сказать, что этотъ предметъ вполнѣ исчерпанъ даже послѣ трудовъ такихъ глубокихъ математиковъ, какъ де Муавръ, Даніилъ Бернулли, Лапласъ, Лагранжъ, Гаусъ, Кетеле, де Морганъ, Эйри, Лесли Эллисъ, Буль, Глешеръ, и другіе.

---

[1]) Байли, Account of Flemsteed, p. 376.

[2]) The Transit of Venus across the Sun, Горрокса. London, 1859, p. 146.

Различное употребленіе средняго вывода.

Выдѣленіе ошибокъ происходящихъ изъ неизвѣстныхъ источниковъ почти всегда дѣлается посредствомъ простаго ариѳметическаго способа нахожденія *средняго* изъ нѣсколькихъ различныхъ чиселъ. Для этого нужно сложить нѣсколько количествъ и раздѣлить сумму на число сложенныхъ количествъ, что даетъ частное лежащее между, или въ *серединѣ* нѣсколькихъ количествъ. Но прежде подробнаго изслѣдованія основаній этого пріема, необходимо замѣтить, что этотъ одинъ ариѳметическій способъ на дѣлѣ примѣняется по крайней мѣрѣ къ тремъ различнымъ случаямъ, для различныхъ цѣлей и на различныхъ принципахъ, и мы должны тщательно остерегаться смѣшивать между собою этихъ разныя примѣненія разсматриваемаго способа. *Средній выводъ* можетъ имѣть одно изъ слѣдующихъ значеній.

1) Онъ можетъ давать просто типическое или образцовое число, выражающее общую величину ряда количествъ и служащее удобнымъ способомъ сравненія ихъ съ другими рядами количествъ. Такое число называется *фиктивнымъ среднимъ*.

2) Онъ можетъ давать результатъ приблизительно свободный отъ возмущающихъ количествъ, о которыхъ извѣстно, что одни результаты они измѣняютъ въ одномъ направленіи, а другіе въ направленіи противоположномъ, но съ одинаковою силою. Мы можемъ сказать, что въ этомъ случаѣ мы получаемъ *точный средній результатъ*.

3) Онъ можетъ давать результатъ болѣе или менѣе свободный отъ неизвѣстныхъ или не вполнѣ извѣстныхъ ошибокъ; это мы можемъ назвать *вѣроятнымъ среднимъ результатомъ*.

Изъ этихъ трехъ употребленій средняго первое совершенно отлично по сущности отъ двухъ послѣднихъ, такъ какъ оно не даетъ приближенія къ какому нибудь естественному количеству, но даетъ ариѳметическій результатъ сравниваніемъ аггрегата извѣстныхъ количествъ съ ихъ числомъ. Третье употребленіе вполнѣ основывается на теоріи вѣроятности и будетъ подробнѣе разсмотрѣно въ послѣдней части этой главы. Второе же употребленіе тѣсно связано или даже тожественно съ уже описаннымъ обратнымъ методомъ; но мы считаемъ не лишнимъ разсмотрѣть нѣсколько подробнѣе всѣ три употребленія одного и того же ариѳметическаго способа.

Среднее.

Если мы спросимъ, что такое среднее съ математической точки зрѣнія, то самый вѣрный отвѣтъ будетъ тотъ, что есть нѣсколько или много родовъ средняго. Старые математики признавали десять родовъ, которые формулированы Боэціемъ, а одинадцатое было прибавлено Іорданомъ [1]).

Ариѳметическое среднее чаще всего обозначается этимъ терминомъ, который такъ и нужно понимать всегда, когда не сдѣлано опредѣляющей оговорки. Оно есть сумма ряда количествъ, раздѣленная на ихъ число и можетъ быть выражено формулой $\frac{1}{2}(a+b)$. Но есть также *геометрическое среднее*, которое составляетъ квадратный корень изъ произведенія, $\sqrt{a \times b}$, или то количество, логариѳмъ котораго есть ариѳметическое среднее логариѳмовъ количествъ. Есть также *гармоническое среднее*, которое есть обратное (реципрокалъ) ариѳметическаго средняго обратныхъ количествъ. Такъ если мы по прежнему возьмемъ количества a и b, то ихъ обратныя будутъ $\frac{1}{a}$ и $\frac{1}{b}$, среднее которыхъ $\frac{1}{2}\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}\right)$, а обратныя его $\frac{2ab}{a+b}$, что и составляетъ гармоническое среднее. Несомнѣнно, что могутъ быть изобрѣтены для какихъ нибудь особенныхъ цѣлей и другіе роды среднихъ и, какъ показалъ Де Морганъ [2]), мы можемъ называть этимъ терминомъ всякое количество, функція котораго равна функціи двухъ или нѣсколькихъ другихъ количествъ и бываетъ такова, что обмѣнъ между собою этихъ количествъ не дѣлаетъ никакого различія въ величинѣ функція. Напр. если $\varphi(y, y, y \ldots) = \psi(x_1, x_2, x_3 \ldots)$, тогда y будетъ родъ средняго для количествъ x_1, x_2, и проч.

Геометрическое среднее необходимо должно употребляться въ извѣстныхъ случаяхъ. Когда мы опредѣляемъ сдѣланную работу въ направленіи противоположномъ силѣ, которая измѣняется обратно пропорціонально квадрату разстояній отъ постоянной точки, тогда средняя сила есть геометрическое среднее между силами при началѣ и въ концѣ пути. Когда на несовершенныхъ вѣсахъ мы перекладываемъ предметы съ чашки на чашку, чтобы выдѣлить погрѣшность, тогда истинный вѣсъ будетъ геометрическое среднее двухъ наблюденныхъ вѣсовъ. Почти во всѣхъ вычисленіяхъ по статистикѣ и торговлѣ, строго говоря, должно быть употребляемо геометрическое среднее. Если одинъ товаръ поднимается въ цѣнѣ на 100%, а другой остается неизмѣннымъ, тогда среднее повышеніе цѣны будетъ не 50%, потому что отношеніе 150 : 200 не то же самое, что 100 : 150. Среднее отношеніе будетъ единица къ $\sqrt{1,00 \times 2,00}$ или 1 къ 1,41. Разность между тремя родами средняго въ такомъ случаѣ весьма значительна; тогда какъ по ариѳметическому среднему повышеніе цѣны составляетъ 50%, по геометрическому оно будетъ только 41%, а по гармоническому 33%.

---

[1]) Де Морганъ, Дополненіе къ Penny Cyclopoedia, стат. Old Appelations of Numbers.

[2]) Penny Cyclopaedia, стат. Mean.

Во всѣхъ вычисленіяхъ относительно средней величины прогресса общества или какой нибудь изъ его операцій должно быть употребляемо геометрическое среднее. Потому что если количество увеличивается на 100% въ теченіи 100 лѣтъ, то это не было бы среднимъ увеличеніемъ на 10% въ каждые десять лѣтъ, такъ какъ 10% въ концѣ каждаго десятилѣтія вычислялись бы по большимъ и большимъ количествамъ и дали бы въ концѣ 100 лѣтъ болѣе чѣмъ 100%, а именно 159%. Настоящая же средняя величина въ каждое десятилѣтіе было бы $\sqrt[10]{2}$ или около 1,07, т. е. увеличеніе было бы около 7% въ каждые 10 лѣтъ. Но когда количества немного разнятся между собою, тогда ариѳметическія и геометрическія среднія приблизительно одинаковы. Такъ ариѳметическое среднее 1,000 и 1,001 есть 1,0005, а геометрическое среднее есть около 1,0004998, разница ничтожная почти для всѣхъ научныхъ и практическихъ соображеній. Даже при сравненіи образцовыхъ вѣсовъ по обратному методу Гаусса, ариѳметическое среднее можетъ быть употреблено вмѣсто геометрическаго, которое есть истинный результатъ.

Считая среднее при отсутствіи опредѣляющей оговорки за обыкновенное ариѳметическое среднее, мы должны однако различать два различныя употребленія: когда оно даетъ съ большею или меньшею точностью и вѣроятностью дѣйствительно существующее количество, или когда оно служитъ просто образцомъ или представителемъ другихъ количествъ. Если я дѣлаю нѣсколько экспериментовъ для опредѣленія атомнаго вѣса элемента, то здѣсь существуетъ извѣстное число, къ которому я желаю приблизиться и среднее моихъ отдѣльныхъ результатовъ, за отсутствіемъ всякихъ основаній для противнаго, будетъ наиболѣе вѣроятнымъ приблизительнымъ результатомъ. Когда же мы опредѣляемъ среднюю плотность земли, то это не значитъ, чтобы какая нибудь часть земли имѣла эту именно плотность; можетъ не быть ни одной части, вполнѣ соотвѣтствующей средней плотности, и такъ какъ земная кора составляетъ только около половины средней плотности, то внутренняя матерія земнаго шара естественно должна быть выше средней. Даже плотность однороднаго вещества, напр. угля или золота должна быть разсматриваема какъ среднее между дѣйствительною плотностью ихъ атомовъ и нулемъ плотности заключающагося между ними пустаго пространства.

Совершенно различное значеніе слова среднiй въ этихъ двухъ употребленіяхъ было вполнѣ разъяснено Кетеле [1]), а важность этого различія показалъ Д. Гершель въ разборѣ его сочиненія [2]).

Фиктивное среднее.

Хотя фиктивное среднее не представляетъ никакого дѣйствительно существующаго количества, однако оно имѣетъ большую научную важность, потому что оно даетъ намъ возможность представить въ одномъ результатѣ множество подробностей. Оно позволяетъ намъ дѣлать гипотетическое упрощеніе задачи и избѣгать сложности, не дѣлая ошибки. Вѣсъ тѣла есть сумма вѣсовъ безконечно малыхъ частичекъ, изъ которыхъ каждая дѣйствуетъ въ различномъ мѣстѣ, такъ что механическая задача, строго говоря, разрѣшается на безчисленное множество отдѣльныхъ задачъ. Мы обязаны Архимеду первымъ введеніемъ въ науку той прекрасной идеи, что въ тяготѣющемъ тѣлѣ можно найти такую точку, въ которой можно представить сосредоточенною тяжесть всѣхъ другихъ частичекъ, и какъ относится къ тяжести эта точка, совершенно также относится и все тѣло, такъ что она служитъ какъ бы представителемъ всего тѣла. Этотъ центръ тяжести можетъ быть внутри тѣла, какъ, напр., въ шарѣ или же въ пустомъ пространствѣ, какъ, напр., у кольца. Можно представить, что всякія два тѣла, соединены ли они или отдѣльны, имѣютъ центръ тяжести, и, напр., центръ тяжести солнца и земли находится внутри солнца и только на 267 англійскихъ миль отъ его центра.

Хотя мы чаще всего употребляемъ понятіе о центрѣ или средней точкѣ только относительно тяжести, однако то же понятіе приложимо и къ другимъ случаямъ. Земная тяжесть есть случай приблизительно параллельныхъ силъ, и центръ тяжести есть только спеціальный случай болѣе общаго центра параллельныхъ силъ. Какое бы число параллельныхъ силъ какой угодно величины ни дѣйствовало по параллельнымъ линіямъ, всегда возможно найти точку, въ которой можно вообразить алгебраическую сумму силъ, производящую совершенно одинаковое дѣйствіе. Вода въ цистернѣ давитъ на стѣны съ силою, которая измѣняется сообразно съ глубиною, но всегда въ направленіи перпендикулярномъ къ стѣнѣ. Мы можемъ представить все давленіе сосредоточеннымъ въ одной точкѣ, которая оказывается на одной трети отъ дна цистерны и можетъ быть названа центромъ давленія. Центръ качанія маятника, открытый Гюйгенсомъ, есть та точка, въ которой можно представить сосредоточеннымъ весь вѣсъ маятника, причемъ не измѣнится время качанія. Когда одно тѣло ударяетъ другое, то центръ удара есть та точка въ ударяющемъ тѣлѣ, въ которой можетъ быть сосредоточена вся его масса, причемъ не измѣняется дѣйствіе удара. По положенію центръ удара не отличается отъ центра качанія. Математики говорятъ о центрѣ вращенія, центрѣ обращенія, центрѣ тренія и проч.

---

[1]) Письма о теоріи вѣроятности въ англійскомъ переводѣ Доунеса, ч. II.

[2]) Гершель, Essays, etc p. 404, 405.

Мы должны тщательно различать тѣ случаи, въ которыхъ можетъ быть указанъ *неизмѣнный* центръ, отъ тѣхъ, въ которыхъ онъ не можетъ быть. Строго говоря, нѣтъ настоящаго неизмѣннаго центра тяжести. Какъ общее правило тѣло можетъ имѣть неизмѣнный центръ только для совершенно параллельныхъ силъ, а тяжесть никогда не дѣйствуетъ по абсолютно параллельнымъ линіямъ. Такъ и здѣсь, какъ вездѣ, мы находимъ, что наши представленія только гипотетически вѣрны и только приблизительно примѣнимы къ дѣйствительнымъ обстоятельствамъ. Есть однако нѣкоторыя геометрическія формы, называемыя *центробарическими* [1]), имѣющія такое свойство, что тѣло такой формы притягивало бы другое тѣло совершенно также, какъ если бы масса его была сосредоточена въ центрѣ тяжести, дѣйствуютъ ли силы параллельно или нѣтъ. Ньютонъ показалъ, что однородные шары матеріи имѣютъ такое свойство и эта истина имѣла величайшую важность для упрощенія его вычисленій. Но все-таки это чисто гипотетическая истина, потому что мы нигдѣ не можемъ найти и не можемъ устроить совершенно шарообразнаго и однороднаго тѣла. Малѣйшая неправильность или выступъ на поверхности разрушаютъ строгую вѣрность предположенія. Напротивъ, сфероидъ не имѣетъ неизмѣннаго центра, въ которомъ можно было бы представить всегда сосредоточенною всю его массу. Точка, изъ которой дѣйствуетъ его равнодѣйствующее притяженіе, измѣняется смотря по разстоянію и положенію другаго притягивающаго тѣла и она совпадаетъ съ центромъ только относительно безконечно далекаго тѣла, притягательныя силы котораго можно было бы считать дѣйствующими по параллельнымъ линіямъ.

---

[1]) Томсонъ и Тетъ, Treatise on Natural Philosophy, v. I. p. 394.

Физики постоянно говорятъ о полюсахъ магнита и этотъ терминъ дѣйствительно представляетъ свои удобства. Но если мы придадимъ этому слову какой-нибудь опредѣленный смыслъ, тогда полюсы не будутъ концами магнита или же какими-нибудь постоянными точками въ немъ, но измѣняющимися точками, изъ которыхъ можно вообразить дѣйствіе равнодѣйствующихъ всѣхъ силъ обнаруживаемыхъ частичками магнита на внѣшнія магнитныя частички. Словомъ, полюсы суть центры магнитныхъ силъ; но такъ какъ эти силы никогда не бываютъ дѣйствительно параллельными, то эти центры измѣняются, смотря по относительному мѣсту притягиваемаго предмета. Только когда мы представимъ, что магнитъ притягиваетъ весьма далекую или строго говоря, безконечно далекую частичку, его центры становятся постоянными точками, находящимися въ короткихъ магнитахъ приблизительно на одной шестой всей длины отъ каждаго конца магнита. Въ приведенныхъ примѣрахъ центровъ или полюсовъ силы мы имѣемъ достаточные примѣры того, какимъ образомъ употребляется въ физикѣ фиктивное среднее.

Точный средній выводъ.

Мы обращаемся теперь къ тому виду употребленія средняго вывода, который аналогиченъ съ обратнымъ методомъ и который имѣетъ обширное примѣненіе во многихъ отрасляхъ естественныхъ наукъ. Самый простѣйшій примѣръ мы видимъ въ опредѣленіи широты мѣста посредствомъ наблюденія полярной звѣзды. Тихо первый пришолъ къ той мысли, что если наблюдать высоту какой-нибудь около полярной звѣзды во время ея верхняго и нижняго прохожденія черезъ меридіанъ, то половина суммы высотъ и будетъ широтой мѣста, которая равна высотѣ полюса. Такая звѣзда при ея верхнемъ прохожденіи на столько выше полюса, на сколько ниже его при ея нижнемъ прохожденіи, такъ что среднее необходимо должно дать высоту самаго полюса самую вѣрную, за исключеніемъ развѣ только самыхъ случайныхъ ошибокъ. Для такихъ наблюденій обыкновенно берется полярная звѣзда, такъ какъ она описываетъ наименьшій кругъ и потому всего меньше подвергается дѣйствію атмосферной рефракціи.

Вездѣ, гдѣ дѣйствуютъ нѣсколько причинъ, изъ которыхъ въ одно время одна увеличиваетъ, а въ другое время другая уменьшаетъ ихъ соединенное дѣйствіе на одинаковую величину, мы можемъ примѣнять этотъ методъ и распутать дѣйствія. Такъ солнечные и лунные приливы движутся почти совершенно независимо другъ отъ друга. Когда луна находится въ полнолуніи или новолуніи, тогда солнечное приливное дѣйствіе совпадаетъ или почти совпадаетъ съ луннымъ и ихъ соединенное дѣйствіе есть сумма отдѣльныхъ дѣйствій. Когда же луна находится въ четверти или половинѣ, тогда дѣйствія бываютъ противоположны, одно поднимаетъ, а другое понижаетъ воду, такъ что мы наблюдаемъ только разницу дѣйствій. Въ самомъ дѣлѣ мы имѣемъ:

Высокіе приливы = лунный приливъ + солнечный приливъ;
Низкіе приливы = лунный приливъ — солнечный приливъ.

Затѣмъ намъ нужно только сложить высоты максимума высокихъ приливовъ и минимума низкихъ приливовъ и половина этой суммы и будетъ настоящая высота луннаго прилива. Напротивъ половина разности между высокими и низкими приливами дастъ солнечный приливъ.

Самыя малыя дѣйствія могутъ быть открыты съ большимъ приближеніемъ къ достовѣрности даже между гораздо большими колебаніями, только бы мы имѣли рядъ наблюденій, достаточно многочисленныхъ и продолжительныхъ, чтобы дать намъ возможность балансировать всѣ большія дѣйствія другъ другомъ. Для этой цѣли наблюденія нужно продолжать втеченіи по крайней мѣрѣ одного полнаго цикла, во время котораго дѣйствія проходятъ черезъ всѣ свои измѣненія и возвращаются совершенно къ такимъ относительнымъ положеніямъ, какія были въ началѣ. Если существуютъ случайныя или неправильныя возмущающія причины, тогда вѣроятно нужны многіе такіе циклы результатовъ, чтобы сдѣлать ихъ дѣйствіе ничтожнымъ. Мы получаемъ желаемый результатъ, взявши среднее всѣхъ наблюденій, въ которыхъ причина дѣйствуетъ положительно и среднее всѣхъ тѣхъ, въ которыхъ она дѣйствуетъ отрицательно. Половина разности этихъ среднихъ даетъ дѣйствіе разсматриваемой причины, только бы при этомъ не измѣнялось другое дѣйствіе въ такой же или приблизительно такой періодъ.

Такъ какъ луна производитъ движеніе океана, то очевидно, что ея притяженіе должно имѣть какое-нибудь дѣйствіе и на атмосферу. Законы атмосферныхъ приливовъ и отливовъ были изслѣдуемы Лапласомъ, но такъ какъ невозможно было вычислить по теоріи ихъ величину, то мы можемъ опредѣлить ее только наблюденіемъ, и Лапласъ предсказывалъ, что она когда нибудь будетъ опредѣлена [1]. Но колебанія, происходящія отъ этой причины, гораздо меньше, чѣмъ колебанія, производимыя нѣкоторыми другими причинами. Штормы, ураганы или измѣненія погоды производятъ движенія барометра иногда въ тысячу разъ большія, чѣмъ лунные приливы и отливы. Есть также правильныя суточныя, годичныя или другія колебанія, которыя всѣ больше искомаго количества. Для того, чтобы открыть и измѣрить атмосферные приливы и отливы, нужно было бы производить наблюденія въ такомъ мѣстѣ, которое сколько возможно свободно отъ правильныхъ возмущеній. На этомъ основаніи были произведены длинные ряды наблюденій на островѣ Св. Елены, гдѣ барометръ гораздо правильнѣе въ своихъ движеніяхъ, чѣмъ въ континентальномъ климатѣ. Дѣйствіе притяженія луны было открыто тѣмъ, что взято было среднее всѣхъ показаній, когда луна на меридіанѣ и такое же среднее, когда она была на горизонтѣ. Разница между этими средними оказалась только 0,00365; однакоже возможно было открыть даже колебанія этихъ приливовъ и отливовъ, хотя разница между ними составляла только 0,00056 дюйма [1]). Очевидно, что такія слабыя дѣйствія никогда не могли бы быть открыты чисто эмпирическимъ способомъ. Не имѣя никакихъ свѣдѣній, кромѣ ряда наблюденій, мы не имѣли бы никакихъ указаній относительно способа группировки ихъ, который могъ бы дать такую небольшую разницу. Примѣняя этотъ методъ среднихъ въ обширныхъ размѣрахъ, мы должны вообще имѣть апріорное знаніе періодовъ, въ которые причина дѣйствуетъ въ одномъ или другомъ направленіи.

---

[1] Essai Philosophique sur les Probabilités, p. 49, 50.

Мы иногда можемъ устранить колебанія и получить средній выводъ просто посредствомъ механическихъ пріемовъ. Суточныя колебанія температуры, наприм., становятся нечувствительными на одномъ или двухъ футахъ ниже земной поверхности, такъ что термометръ, помѣщенный на этой глубинѣ, даетъ почти истинную среднюю температуру суточную. На глубинѣ 20 футовъ почти нечувствительны даже годичныя колебанія и термометръ стоитъ нѣсколько выше истинной средней температуры мѣстности. Измѣряя приливъ и отливъ посредствомъ приливомѣра, нужно избѣгать колебаній, происходящихъ отъ поверхностныхъ волнъ, то лучше всего достигается помѣщеніемъ поплавка въ цистернѣ сообщающейся съ моремъ маленькою дырою. Такимъ образомъ бываетъ замѣтно только общее повышеніе и пониманіе уровня, подобно тому, какъ въ морскомъ барометрѣ узкая трубочка устраняетъ случайныя колебанія и даетъ возможность обнаруживаться только постояннымъ измѣненіямъ давленія.

Опредѣленіе нулевой точки.

Во многихъ важныхъ наблюденіяхъ главная трудность состоитъ въ точномъ опредѣленіи нулевой точки, съ которой мы должны начинать измѣреніе. Мы можемъ навести телескопъ съ величайшею точностью на какую нибудь звѣзду и измѣрить съ точностью до секунды величину угла, на какой поднятъ или опущенъ телескопъ; но вся эта точность будетъ безполезна, если мы не знаемъ точно центральной точки неба, отъ которой мы начинаемъ измѣреніе, или что тоже горизонтальной линіи отстоящей отъ нея на 90°. Такъ какъ истинный горизонтъ имѣетъ отношеніе къ фигурѣ земли въ мѣстѣ наблюденія, то мы можемъ опредѣлить его только по направленію тяжести, какъ она обозначается или отвѣсомъ или поверхностью жидкости. Такимъ образомъ вопросъ сводится къ самому точному способу наблюденія направленія тяжести, и такъ какъ отвѣсная линія уже давно оказалась безнадежно неточною, то астрономы вообще употребляютъ поверхность спокойной ртути какъ критерій горизонтальности. Они опредѣляютъ направленіе поверхности, остроумно употребляя звѣзду какъ указатель. По законамъ отраженія уголъ между прямымъ лучомъ отъ звѣзды и отражоннымъ лучомъ ея отъ поверхности ртути какъ разъ вдвое болѣе угла между поверхностью и прямымъ лучомъ отъ звѣзды. Поэтому горизонтальная линія или нулевая точка есть среднее между видимымъ мѣстомъ какой нибудь звѣзды или другаго весьма отдаленнаго предмета и ихъ отраженіемъ отъ ртути.

---

[1]) Грантъ, History of Physical Astronomy, p. 163.

Линія отвѣсна, перпендикулярна и поверхность жидкости горизонтальна только въ приблизительномъ смыслѣ; потому что всякая неправильность земной поверхности, гора или даже домъ должны производить нѣкоторое уклоненіе своимъ притягивающимъ дѣйствіемъ. Открыть такое уклоненіе можетъ казаться дѣломъ весьма труднымъ, потому что всякая другая отвѣсная линія или жидкая поверхность одинаково измѣняются отъ посторонняго притяженія. Тѣмъ не менѣе такое уклоненіе было найдено и опредѣлено; потому что если мы помѣстимъ одинъ отвѣсъ къ сѣверу отъ горы, а другой къ югу отъ нея, то они будутъ уклоняться почти одинаково въ противоположныхъ направленіяхъ, и если по наблюденіямъ одной и той же звѣзды мы можемъ измѣрить уголъ между линіями отвѣсовъ, то половина уклоненія будутъ уклоненіемъ каждой изъ нихъ; причемъ берется въ соображеніе и уклоненіе происходящее отъ различія въ широтѣ двухъ мѣстъ наблюденія. Посредствомъ такого способа наблюденія примѣненнаго къ горѣ Шигалліону было точно измѣрено Маскелиномъ уклоненіе линіи отвѣса и такимъ образомъ сдѣлано было сравненіе между притягательными силами горы и всего земнаго шара, что повело къ вѣроятному опредѣленію плотности земли.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ дѣйствительно лучше опредѣлить нулевую точку посредствомъ средняго двухъ равно уклоняющихся количествъ, чѣмъ посредствомъ прямаго наблюденія. Въ чувствительныхъ взвѣшиваніяхъ на химическихъ вѣсахъ требуется точно опредѣлить ту точку, на которой останавливается наконецъ стрѣлка вѣсовъ, и когда сравниваются образцовые вѣсы, то положеніе стрѣлки опредѣляется посредствомъ тщательно раздѣленной скалы, разсматриваемой въ лупу. Но когда стрѣлка начинаетъ останавливаться, то треніе, какія нибудь незначительныя препятствія и случайныя причины могутъ задержать ее, такъ какъ она находится близко къ той точкѣ, на которой сила устойчивости становится безконечно малою. Поэтому признано лучшимъ предоставлять стрѣлкѣ качаться и приэтомъ наблюдать конечныя точки качаній. Среднее между двумя крайними точками укажетъ приблизительно положеніе остановки. Треніе и сопротивленіе воздуха стремятся уменьшить качанія, такъ что это среднее будетъ ошибочно на половину количества этого дѣйствія въ теченіи половины качанія. Но сдѣлавши нѣсколько наблюденій, мы можемъ опредѣлить это замедленіе и сдѣлать поправку на него. Такъ если a, b, c будутъ показанія положенія конечныхъ точекъ трехъ оклоненій стрѣлки отъ нулевой точки, тогда $\frac{1}{2}(a+b)$ будетъ стольже ошибочно въ одномъ направленіи какъ $\frac{1}{2}(b+c)$ въ другомъ, такъ что среднее изъ этихъ двухъ среднихъ или $\frac{1}{4}(a+2b+c)$ будетъ чрезвычайно близко къ точкѣ остановки [1]). Еще большее приближеніе можетъ быть достигнуто, если взять четыре показанія и исправить ихъ по формулѣ $\frac{1}{6}(a+2b+2c+д)$.

Точность опытовъ Байли, имѣвшихъ цѣлью опредѣленіе плотности земли, вполнѣ зависѣла отъ такого способа наблюденія качаній. Шары, тяготѣніе которыхъ опредѣлялось, были до такой степени чувствительно повѣшены на крутительныхъ вѣсахъ, что они не могли остановиться и спокойно стоять на мѣстѣ. Поэтому наблюдались только крайнія точки качаній шара, какъ тогда, когда большой притягивающій свинцовый шаръ находился по одну сторону его, такъ и тогда, когда онъ былъ по другую сторону. Разность среднихъ точекъ въ то время, когда свинцовый шаръ находился съ правой стороны, и въ то время, когда онъ находился съ лѣвой, давала двойную величину отклоненія.

Прекрасный примѣръ того, какъ можно избѣжать употребленія нулевой точки, представляютъ наблюденія Стоне надъ лучистою теплотою неподвижныхъ звѣздъ. Трудность этихъ наблюденій происходитъ отъ сравнительно большихъ количествъ теплоты, которыя посылаются въ телескопъ отъ атмосферы и которыя настолько значительны, что могутъ почти совершенно маскировать слабую теплоту лучей звѣзды. Но Стоне укрѣпилъ въ фокусѣ телескопа двойной термоэлектрическій столбикъ, двѣ части котораго имѣли обратный порядокъ. Если какое нибудь возмущеніе температуры дѣйствовало равномѣрно на оба столбика, то не получалось никакого дѣйствія на гальванометрическую стрѣлку, а когда лучи звѣзды заставляли попеременно падать то на одинъ, то на другой столбикъ, то полное количество отклоненія представляло удвоенную тепловую способность звѣзды. Такъ Стоне опредѣлилъ съ большою достовѣрностью тепловое дѣйствіе звѣзды Арктурусъ, которое даже концентрированное телескопомъ составляло только 0°,02 Фар., и которое представляетъ тепловое дѣйствіе прямаго луча только около 0,°00000137 Ф., что эквивалентно теплотѣ, которая получилась бы отъ сосуда въ три кубич. дюйма наполненнаго кипящей водой на разстояніи 400 ярдовъ [1]). Вѣроятно способъ Стоне можетъ быть съ пользою употребляемъ въ другихъ тонкихъ термоэлектрическихъ опытахъ, гдѣ существуютъ значительныя возмущающія вліянія.

---

[1]) Гаусъ, Тейлора Scientific Memoirs, v II. p. 43 etc.

Опредѣленіе максимальныхъ точекъ.

Мы употребляемъ методъ среднихъ въ извѣстномъ числѣ наблюденій направленныхъ къ тому, чтобы опредѣлить моментъ, въ который явленіе достигаетъ высшаго пункта по количеству. При опредѣленіи мѣста неподвижной звѣзды въ данное время не трудно намѣтить наблюдаемую точку, потому что звѣзда въ хорошій телескопъ представляется чрезвычайно малымъ дискомъ. При наблюденіи туманности, тѣла, которое имѣя свѣтлую средину, постепенно тускнѣетъ во всѣ стороны, невозможно намѣтить съ увѣренностью среднюю точку. Во многихъ такихъ случаяхъ самое лучшее не выбирать произвольно предполагаемой средней точки, но брать точки одинаково свѣтлыя по обѣимъ сторонамъ и затѣмъ среднее изъ наблюденій этихъ двухъ точекъ принимать за центръ. Какъ общее правило, измѣняющееся количество, приближаясь къ своему максимуму, возрастаетъ все на меньшую и меньшую величину, а перейдя самую высшую точку, начинаетъ уменьшаться нечувствительными ступенями. Поэтому максимумъ можетъ быть опредѣленъ какъ та точка, на которой возрастаніе и уменьшеніе равны нулю. Вслѣдствіе этого такая точка есть самая неопредѣленная, и если мы можемъ точно измѣрить явленіе, то должны лучше всего опредѣлять мѣсто максимума, опредѣливши тѣ точки по обѣимъ сторонамъ его, въ которыхъ ординаты равны. Этотъ методъ представляетъ еще ту выгоду, что могутъ быть опредѣлены многія точки вмѣстѣ съ соотвѣтствующими имъ точками съ другой стороны и среднее всѣхъ ихъ можетъ быть взято какъ истинное мѣсто максимума. Но этотъ методъ вполнѣ зависитъ отъ существованія симметріи въ кривой, такъ чтобы изъ двухъ равныхъ ординатъ одна настолько отстояла отъ максимума съ одной стороны его, насколько другая отстоитъ отъ него съ другой стороны. Методъ оказывается непримѣнимымъ, когда существуютъ другіе законы измѣненія.

---

[1]) Proceedings of the R. Soc., v. XVIII p. 159, san. 13, 1870. Phil. Mag., 4 ser., v. XXXIX. p. 376.

Въ наблюденіяхъ надъ приливами и отливами большая трудность состоитъ въ томъ, чтобы опредѣлить моментъ наибольшей высоты прилива, такъ какъ въ это время величина, на которую вода поднимается или падаетъ, почти незамѣтна. Поэтому Уэвелль предложилъ отмѣчать время, когда вода проходитъ черезъ какую нибудь точку нѣсколько ниже максимума при повышеніи и при пониженіи и брать среднее этихъ временъ какъ время наибольшей высоты прилива. Но къ сожалѣнію этотъ способъ не даетъ вѣрнаго результата, потому что повышеніе воды во время прилива и пониженіе во время отлива слѣдуютъ различнымъ законамъ. Другую трудность при этихъ наблюденіяхъ представляетъ то, чтобы узнать самый высокій приливъ. Лапласъ нашелъ, что приливъ во второй день предшествующій соединенію солнца и луны почти равенъ по высотѣ приливу въ пятый день слѣдующій за соединеніемъ; и думая, что возрастаніе и уменьшеніе высоты прилива идетъ приблизительно симметрично, рѣшилъ, что самый высокій приливъ долженъ случаться около 36 часовъ послѣ соединенія, т. е. на половинѣ промежутка времени между вторымъ днемъ предшествующимъ и пятымъ днемъ послѣдующимъ за соединеніемъ ¹).

Этотъ методъ употребляется также при опредѣленіи времени прохожденія земли черезъ средній или самый частый потокъ (дождь) метеоровъ. Земля употребляетъ двое или трое сутокъ на прохожденіе черезъ весь ноябрьскій потокъ; но астрономамъ для ихъ вычисленій нужна какая нибудь опредѣленная точка, прохожденіе черезъ которую можно было бы опредѣлить, если можно, съ точностью немногихъ минутъ. При приближеніи къ серединѣ они наблюдаютъ число метеоровъ, появляющихся въ полѣ зрѣнія въ теченіи каждаго получаса или четверти часа и затѣмъ предполагая, что законъ измѣненія симметриченъ, они берутъ за моментъ прохожденія черезъ центръ средній моментъ между временами одинаковой частоты появленія метеоровъ.

Затмѣнія спутниковъ Юпитера не только представляютъ большой интересъ относительно движеній самихъ спутниковъ, но имѣютъ можетъ быть еще большую важность для опредѣленія долготъ; потому что эти явленія совершаются въ опредѣленные моменты абсолютнаго времени и бываютъ видимы во всѣхъ частяхъ планетной системы въ одно и то же время, только съ поправкою на промежутокъ времени, нужный для прохожденія свѣта до извѣстнаго мѣста. Но какъ объяснилъ Гершель ²), моментъ явленія не имѣетъ точной опредѣлен-

---

¹) Эйри, On Tides and Waves, Encycl. Metrop. p. 364—366.

²) Outlines of Astronomy, 4 ed. § 538.

тости отчасти потому, что длинный конусъ тѣни Юпитера окруженъ полутѣнью, а отчасти потому, что самъ спутникъ имѣетъ замѣтный дискъ и требуетъ времени для вхожденія въ тѣнь. Разные наблюдатели, наблюдая въ различные телескопы, примутъ разные моменты за моментъ затмѣнія. Но возрастаніе свѣта во время выхожденія изъ тѣни слѣдуетъ по закону обратному относительно того, какой наблюдается при погруженіи въ тѣнь, такъ что если наблюдатель отмѣтитъ время обоихъ явленій съ однимъ и тѣмъ же телескопомъ, то онъ при одномъ наблюденіи поспѣшитъ настолько, насколько опоздаетъ при другомъ, и потому средній моментъ двухъ наблюденій представитъ съ значительною точностью время, когда спутникъ находился въ серединѣ тѣни. Личная ошибка сужденія наблюдателя такимъ образомъ устраняется, если только онъ при выхожденіи наблюдаетъ совершенно также, какъ и при погруженіи въ тѣнь.

ГЛАВА XVII.

ЗАКОНЪ ПОГРѢШНОСТИ.

Съ перваго раза можетъ показаться, что подвести самую погрѣшность подъ законъ—есть дѣло превышающее человѣческія силы. Тотъ, кто дѣлаетъ погрѣшность конечно уклоняется отъ закона и повидимому нѣтъ никакой надежды извлечь истину изъ закона. Одно изъ самыхъ замѣчательныхъ дѣяній человѣческаго ума есть установленіе общей теоріи, которая не только даетъ намъ возможность при несогласныхъ результатахъ приблизиться къ истинѣ, но и опредѣлить степень вѣроятности, какую можно резонно придать этому заключенію. Было бы впрочемъ ошибочно предполагать, что этотъ законъ при всякихъ обстоятельствахъ есть непремѣнно самое лучшее руководство. Каждый измѣряющій инструтентъ и всякая форма опыта могутъ имѣть свой спеціальный законъ погрѣшности; въ одномъ инструментѣ можетъ быть тенденція къ погрѣшности въ одномъ направленіи, а въ другомъ—въ противоположномъ ему. Каждый пріемъ имѣетъ свои спеціальныя возмущенія, и мы никогда не можемъ избѣжать необходимости принимать мѣры противъ спеціальныхъ трудностей. Общій законъ есть наилучшій руководитель только тогда, когда истощены всѣ другіе способы приближенія, и однако остаются еще несогласія, происходящія отъ неизвѣстныхъ причинъ. Мы должны дѣлать что нибудь съ этими остаточными различіями, потому что они встрѣчаются во всѣхъ точныхъ экспериментахъ, и такъ какъ происхожденіе ихъ признается неизвѣстнымъ, то нѣтъ основанія поступать съ ними различно въ различныхъ случаяхъ. Поэтому послѣдній законъ погрѣшности долженъ быть однообразнымъ и общимъ.

Математиками признано, что въ каждомъ случаѣ можетъ существовать спеціальный законъ погрѣшности и онъ долженъ быть открытъ, если возможно. «Нѣтъ ничего невѣроятнѣе того, чтобы погрѣшности, повторяющіяся во всѣхъ классахъ наблюденій слѣдовали одному и тому же закону» [1]), и специальные законы погрѣшности, примѣняющіеся къ извѣстнымъ инструментамъ, напр. къ повторительному кругу были изслѣдованы Браве [2]). Онъ пришелъ къ заключенію, что каждая отдѣльная причина даетъ кривую возможности погрѣшностей, которая можетъ имѣть какую угодно форму,—кривую, которую или можно или нельзя открыть и которая въ первомъ случаѣ можетъ быть опредѣлена iá prior соображеніями объ особенной природѣ этой причины, или a posteriori посредствомъ наблюденія. Вездѣ, гдѣ можно и гдѣ это стоитъ труда, мы должны изслѣдовать эти спеціальныя условія погрѣшности; тѣмъ не менѣе тамъ, гдѣ есть большое число разныхъ источниковъ мелкихъ погрѣшностей, общая равнодѣйствующая всегда будетъ обнаруживать наклонность повиноваться тому общему закону, къ разсмотрѣнію котораго мы приступаемъ.

Установленіе закона погрѣшности.

Математики гораздо болѣе согласны между собою относительно формы закона погрѣшности, чѣмъ относительно того способа, которымъ онъ можетъ быть выведенъ и доказанъ. Они согласны въ томъ, что изъ числа несогласныхъ между собою результатовъ наблюденія то среднее количество по всей вѣроятности наиболѣе приближается къ истинѣ, которое дѣлаетъ сумму квадратовъ погрѣшностей наименьшею. Но есть три главныхъ пути, по которымъ пришли къ этому закону Гауссъ, Лапласъ и Кетеле и наконецъ Д. Гершель. Гауссъ выходилъ изъ предположеній; Гершель основывался на геометрическихъ соображеніяхъ, между тѣмъ какъ Лапласъ и Кетеле смотрѣли на законъ погрѣшности какъ на развитіе ученія о сочетаніяхъ. Другіе математики, какъ напр. Адренъ изъ Новаго Брауншвейга, Бессель, Айвори, Донкинъ, Лесли, Эллисъ, Тетъ и Крафтонъ или пытались придумывать свои собственныя доказательства или видоизмѣняли и разъясняли доказательства придложенныя другими. Чтобы познакомиться съ литературой этого предмета, читатель долженъ обратиться или къ Тодгунтеру, History of the Theory of Probability или къ дѣльному мемуару Глешера [3]).

По Гауссу законъ погрѣшности выражаетъ сравнительную вѣроятность ошибокъ различной величины, и отчасти на основаніи опыта, а отчасти на основаніи апріорныхъ соображеній мы можемъ установить извѣстныя условія, съ которыми навѣрное будетъ сообразоваться законъ. Можно предположить, какъ первый принципъ, который долженъ руководить нами въ выборѣ закона, что большія погрѣшности гораздо менѣе часты и вѣроятны, чѣмъ малыя. Мы знаемъ, что весьма большія погрѣшности почти невозможны, такъ что вѣроятность должна быстро уменьшаться, по мѣрѣ того какъ увеличивается количество погрѣшности. Второй принципъ состоитъ въ томъ, что положительныя и отрицательныя погрѣшности должны быть одинаково вѣроятны,—что можно предположить съ увѣренностью, такъ какъ мы приняли, что мы ничего не знаемъ относительно причинъ остаточныхъ погрѣшностей. Изъ этого слѣдуетъ, что вѣроятность погрѣшности есть функція четной степени величины ея, т. е. квадратъ, четвертая степень или шестая степень, а иначе вѣроятность одного и того же количества погрѣшности измѣнялась бы смотря по тому, будетъ ли погрѣшность положительная или отрицательная. Четныя степени X^2, X^4, X^6 и проч. всегда непремѣнно положительны, будетъ ли X положительнымъ или отрицательнымъ. A priori нѣтъ основанія предпочесть одну какую нибудь изъ четныхъ степеней другой. Гауссъ самъ признаетъ, что четвертая или шестая степень также хорошо удовлетворяла бы условіямъ, какъ и вторая [1]); но за отсутствіемъ теоретическихъ основаній, мы должны предпочесть вторую степень, потому что она даетъ формулу сравнительно гораздо большей простоты. Еслибы законъ погрѣшности необходимо требовалъ употребленія высшихъ степеней погрѣшности, тогда сложность необходимыхъ вычисленій много уменьшила бы пользу теоріи.

---

[1]) Phil, Mag. 3 ser. v. XXXVII p. 324

[2]) Письма о теоріи вѣроятностей Кетеле, англійскій переводъ Доунеса. Примѣчаніе къ письму XXVI, стр. 286—295.

[3]) On the Law of Facility of Errors of Observations, and on the Method of Least Squares, Mem. of the R. Astronom. Soc., v. XXXIX. p. 75.

Посредствомъ математическихъ разсужденій, излагать которыя здѣсь нѣтъ надобности, было показано, что при этихъ условіяхъ легкость появленія погрѣшности или другими словами вѣроятность ошибки выражается функціей общей формы $\varepsilon^{-h^2x^2}$, въ которой x представляетъ измѣняющееся количество ошибокъ. Изъ этого закона, который будетъ полнѣе развитъ въ слѣдующихъ параграфахъ, сразу слѣдуетъ, что самый вѣроятный результатъ какихъ бы то ни было наблюденій есть тотъ, который дѣлаетъ наименьшею сумму квадратовъ послѣдовательныхъ погрѣшностей. Пусть a, b, c и проч. будутъ результаты наблюденія, а x количество, выбранное какъ самое вѣроятное, т. е. самое свободное отъ неизвѣстныхъ ошибокъ; тогда мы должны опредѣлить x такъ, чтобы $(a-x)^2+(b-x)^2+(c-x)^2+\ldots$ давали наименьшее возможное количество. Такъ мы приходимъ къ знаменитому *методу наименьшихъ квадратовъ*, какъ онъ обыкновенно называется, который первый разъ былъ введенъ въ употребленіе Гауссомъ въ 1795, между тѣмъ какъ Лежандръ первый въ 1806 г. напечаталъ изложеніе процесса въ своемъ сочиненіи подъ заглавіемъ Nouvelles Méthodes pour la Determination des Orbites des Comètes. Нужно однако замѣтить, что Рожеръ Котесъ еще гораздо раньше рекомендовалъ методъ подобнаго же рода въ своемъ трактатѣ Estimatio Erroris in Mixta Mathesi [1]).

---

[1]) Methode des Moindres Carrés. Memoires sur la combinaison des Observations, par Ch. Fr. Gauss. Traduit en Français par J. Bertrand, Paris, 1855, p. 6, 133 etc.

Геометрическое доказательство Гершеля.

Второй способъ для установленія закона погрѣшности былъ предложенъ Гершелемъ и хотя онъ примѣнимъ только къ геометрическимъ случаямъ, однако онъ замѣчателенъ тѣмъ, что показываетъ, что съ какой бы точки зрѣнія мы ни смотрѣли на предметъ, всегда получается одинъ и тотъ же принципъ. Предположивши, что долженъ существовать какой нибудь общій законъ и что онъ подлежитъ принципамъ вѣроятности, онъ воображаетъ, что сверху брошенъ шаръ съ тою цѣлью, чтобъ онъ попалъ въ назначенную цѣль на горизонтальной плоскости. За отсутствіемъ какихъ нибудь извѣстныхъ причинъ уклоненія, онъ или попадетъ въ цѣль или же, что безконечно вѣроятнѣе, уклонится отъ нея на какое нибудь количество, которое мы должны считать погрѣшностью неизвѣстнаго происхожденія. Но, говоря словами Гершеля, «вѣроятность этой погрѣшности есть неизвѣстная функція ея квадрата, т. е. суммы квадратовъ ея уклоненій въ какихъ нибудь двухъ перпендикулярныхъ между собою направленіяхъ. А такъ какъ вѣроятность каждаго уклоненія зависитъ только отъ его величины, а не отъ его направленія, то изъ этого слѣдуетъ, что вѣроятность каждаго изъ этихъ перпендикулярныхъ уклоненій должна быть той же самой функціей его квадрата. И такъ какъ наблюдаемое наклонное уклоненіе равнозначно двумъ перпендикулярнымъ, которыя предполагаются дѣйствующими совмѣстно и одинаково и которыя совершенно независимы другъ отъ друга, то слѣдовательно оно есть сложное событіе, въ которомъ они составляютъ независимыя составныя части, и потому вѣроятность его будетъ произведеніемъ ихъ отдѣльныхъ вѣроятностей. Такимъ образомъ форма нашей неизвѣстной функціи должна опредѣляться этимъ условіемъ, т. е. чтобы произведеніе такихъ функцій двухъ независимыхъ элементовъ было равно той же самой функціи ихъ суммъ. Но въ каждомъ сочиненіи по алгебрѣ доказывается, что такая особенность свойственна и принадлежитъ только экспоненціальной или антилогариѳмической функціи. Поэтому она есть функція квадрата погрѣшности, которая выражаетъ вѣроятность совершенія погрѣшности. Поэтому такая вѣроятность уменьшается въ геометрической прогрессіи, когда квадратъ ошибки увеличивается въ ариѳметической 1).

---

[1]) Де Морганъ, Penny Cyclopaedia, стат. Least Squares.

Доказательство Лапласа и Кетеле этого закона.

Какъ ни много говорятъ приведенные способы опредѣленія закона погрѣшности въ пользу этого общепринятаго закона, однако трудно сказать, чтобы эти аргументы были удовлетворительны. Принятый законъ выбранъ скорѣе вслѣдствіе его удобства и вѣроятности, чѣмъ вслѣдствіе того, что онъ представляется необходимымъ закономъ. Однако мы можемъ изслѣдовать этотъ предметъ съ совершенно различной точки зрѣнія, и придемъ всетаки къ тому же результату.

Предположимъ, что какое нибудь частное наблюденіе представляетъ четыре шанса погрѣшности, изъ которыхъ каждая, если она случится, увеличиваетъ результатъ на одинъ дюймъ. Каждая изъ этихъ погрѣшностей должна считаться событіемъ независимымъ отъ остальныхъ и потому мы можемъ по теоріи вѣроятностей опредѣлить сравнительную вѣроятность и частоту каждаго соединенія погрѣшностей. Изъ ариѳметическаго треугольника мы знаемъ, что совершенное отсутствіе погрѣшности возможно только въ одномъ случаѣ; погрѣшность въ одинъ дюймъ можетъ случиться въ четырехъ случаяхъ; а число случаевъ погрѣшностей въ 2, 3 и 4 дюйма будетъ соотвѣтственно 6, 4 и 1.

Мы можемъ заключить, что погрѣшность въ 2 дюйма самая вѣроятная и можетъ въ концѣ концовъ случиться въ 6 случаяхъ изъ 16. Погрѣшности въ 1 и 3 дюйма одинаково вѣроятны, но будутъ случаться менѣе часто; между тѣмъ какъ совершенное отсутствіе погрѣшности или погрѣшность въ 4 дюйма будетъ встрѣчаться сравнительно рѣдко. Если мы теперь предположимъ, что погрѣшности стольже часто дѣйствуютъ въ одномъ направленіи, какъ и въ другомъ, то общее дѣйствіе ихъ измѣнитъ среднюю погрѣшность на количество въ 2 дюйма и мы будемъ имѣть слѣдующіе результаты:

Отрицательная погрѣшность въ 2 дюйма	1 случай.
Отрицательная погрѣшность въ 1 дюймъ	4 случая.
Совершенное отсутствіе погрѣшности	6 случаевъ.
Положительная погрѣшность въ 1 дюймъ.	4 случая.
Положительная погрѣшность въ 2 дюйма.	1 случай.

---

1) Edinburgh Review, Iuly 1850.

Мы можемъ теперь вообразить, что число причинъ погрѣшности увеличивается, а величина каждой погрѣшности уменьшается, и ариѳметическій треугольникъ дастъ намъ частоту получающихся въ результатѣ погрѣшностей. Такъ, если есть пять положительныхъ причинъ и пять отрицательныхъ причинъ, то слѣдующая таблица покажетъ число погрѣшностей разной величины, которыя получатся въ результатѣ:

Направленіе погрѣшности.	Положительная погрѣшность.		Отрицательная погрѣшность.
Величина погрѣшности. . . .	5, 4, 3, 2, 1	0	1, 2, 3, 4, 5
Число такихъ погрѣшностей.	1, 10, 45, 120, 210	252	210, 120, 45, 10, 1

Ясно, что изъ этихъ чиселъ я могу опредѣлить вѣроятность всякой частной величины погрѣшности при предполагаемыхъ условіяхъ. Вѣроятность положительной ошибки въ 1 дюймъ есть $\frac{210}{1024}$, дробь,—числитель которой есть число очетаній, дающихъ положительную погрѣшность въ 1 дюймъ, а знаменатель все исло возможныхъ погрѣшностей всѣхъ величинъ. Я могу также, складывая вмѣстѣ подходящія числа, получить вѣроятность погрѣшности, не превосходящей извѣстной величины. Такъ, вѣроятность погрѣшности въ 3 дюйма или менѣе, положительной или отрицательной, есть дробь, числитель которой есть сумма $45 + 120 + 210 + 252 + 210 + 120 + 45$, а знаменатель прежній, именно $\frac{1002}{1024}$. Согласносъ этими принципами мы можемъ сразу видѣть, что вѣроятность меньшихъ погрѣшностей гораздо больше, чѣмъ большихъ; шансы того, что погрѣшность не превзойдетъ 3 дюймовъ, составляютъ 1002 къ 22 или болѣе чѣмъ 45 къ 1; а шансы противъ случая самой большой возможной ошибки въ 5 дюймовъ составляетъ 1022 къ 2.

Если представится случай, въ которомъ наблюдательможетъ знать число и величину главныхъ погрѣшностей, которыя могутъ случиться, тогда онъ имѣетъ возможность вычислить по ариѳметическому треугольнику спеціальный законъ, который можетъ быть примѣненъ. Но общій законъ, искомый нами, не можетъ быть примѣняемъ съ увѣренностью, когда мы рѣшительно ничего не знаемъ объ источникахъ погрѣшности. Предположить какое нибудь число причинъ погрѣшности было бы поэтому дѣломъ произвольнымъ, и математики выбрали наименѣе произвольный способъ, воображая существованіе безконечнаго числа безконечно малыхъ погрѣшностей, подобно тому какъ въ обратномъ методѣ вѣроятностей вычисляется безконечное число безконечно невѣроятныхъ гипотезъ (стр. 244).

Основаній въ пользу такого способа много и они разнаго рода.

1. Нельзя отрицать того, что въ каждомъ актѣ наблюденія можетъ существовать безконечное число причинъ погрѣшности.

2. Законъ вытекающій изъ гипотезы умѣреннаго числа причинъ не разнится замѣтно отъ закона даваемаго гипотезой безконечнаго числа причинъ погрѣшности.

3. Посредствомъ гипотезы безконечности мы получаемъ общій законъ, допускающій скорое вычисленіе и по одинаковымъ правиламъ, примѣнимый ко всѣмъ задачамъ.

4. Этотъ законъ поразительно подтверждается при сличеніи его съ обширными рядами наблюденій, какъ будетъ показано въ одномъ изъ слѣдующихъ параграфовъ.

Когда мы вообразимъ существованіе какого нибудь большаго числа причинъ погрѣшностей, напр. 100, то число сочетаній становится затруднительно большимъ, какъ можно увидѣть при одномъ взглядѣ на ариѳметическій треугольникъ, который доходитъ только до 17-й линіи. Кетеле при помощи надлежащихъ сокращающихъ процессовъ вычислилъ таблицу вѣроятности ошибокъ при предположеніи 1000 причинъ [1]; но математики обыкновенно выходятъ изъ предположенія безконечности и затѣмъ посредствомъ искусныхъ пріемовъ выводятъ общій законъ, который удобно и легко примѣнять къ дѣлу. Въ математическихъ сочиненіяхъ по этому предмету показано, что образцовый законъ погрѣшности выражается формулой

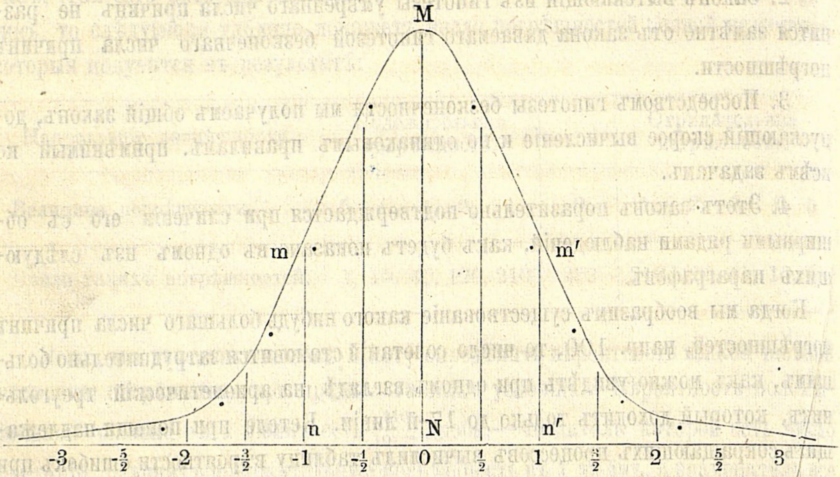
$$y = Y\varepsilon^{-cx^2},$$

въ которой x есть величина погрѣшности, Y maximum-ордината кривой погрѣшности и c постоянное число для каждой серіи наблюденій и выражающее величину тенденціи къ погрѣшности, измѣняющуюся въ разныхъ серіяхъ наблюденій. Буква ε есть математическая постоянная, сумма отношеній между числами перемѣщеній и сочетаній, о которой говорилось выше (стр. 312).

Чтобы показать близкое соотвѣтствіе между этимъ общимъ закономъ и спеціальнымъ закономъ, который можетъ быть выведенъ изъ предположенія умѣреннаго числа причинъ погрѣшности, я на приложенномъ чертежѣ изобразилъ кривую линію точно представляющую измѣненіе y, когда въ приведенной формулѣ x берется равнымъ 0, $^1/_2$, 1, $^3/_2$, 2, и проч., въ положительномъ или отрицательномъ направленіи, причемъ для упрощенія вычисленій произвольныя количества Y и c предполагаются равными единицѣ. На этомъ же чертежѣ находятся 11 точекъ, высота которыхъ надъ прямою линіею пропорціональна числамъ въ 11-й линіи ариѳметическаго треугольника, выражая такимъ образомъ

---

[1] Письма о теоріи вѣроятностей, Письмо XV и Приложеніе, примѣч. стр. 256, 266.



сравнительныя вѣроятности погрѣшностей разной величины, происходящихъ отъ 10 равныхъ причинъ. Соотвѣтствіе между общимъ и спеціальнымъ закономъ погрѣшности почти полное, какъ это можетъ быть показано на чертежѣ, а при предположеніи еще большаго числа равныхъ причинъ погрѣшности соотвѣтствіе было бы еще полнѣе.

Для объясненія нужно сказать, что ординаты NM, nm, n′m′ представляютъ еличину y въ уравненіи выражающемъ законъ погрѣшности. Случай появленія какой нибудь одной опредѣленной величины погрѣшности безконечно невѣроятенъ, потому что можно провести безконечное число такихъ ординатъ. Но вѣроятность ошибки, заключающейся между извѣстными границами, конечна и выражается частью *площади* кривой. Такимъ образомъ вѣроятность того, что случится погрѣшность, положительная или отрицательная, не превосходящая единицы, выражается площадью Mmnn′m′, словомъ площадью стоящею на линіи nn′. Такъ какъ каждое наблюденіе или должно имѣть какую нибудь опредѣленную погрѣшность или вовсе никакой, то изъ этого слѣдуетъ, что вся площадь кривой должна быть разсматриваема какъ единица, выражающая достовѣрность, и вѣроятность погрѣшности лежащей въ частныхъ предѣлахъ выразится тогда отношеніемъ между площадью кривой ограниченною этими предѣлами и всею площадью кривой.

Уже тотъ одинъ фактъ, что законъ погрѣшности принимаетъ возможность существованія погрѣшностей всякой мыслимой величины показываетъ, что онъ только приблизительно вѣренъ. Мы можемъ навѣрное сказать, что при измѣреніи одной мили невозможно сдѣлать погрѣшность во сто миль и продолжительность жизни не дозволила бы намъ сдѣлать погрѣшность въ милліонъ миль. Тѣмъ не менѣе общій законъ погрѣшности допускаетъ вѣроятность погрѣшности такой или даже большей величины, хотя указываемая имъ вѣроятность ея крайне незначительна и почти невообразима. Все, что можно или нужно сказать въ защиту этого закона—это то, что онъ можетъ для каждаго частнаго случая выразить погрѣшности съ весьма близкимъ приближеніемъ, и что вѣроятности большихъ и практически невозможныхъ погрѣшностей, даваемыя закономъ, чрезвычайно малы и просто ничтожны. И такъ какъ мы имѣемъ дѣло съ самою погрѣшностью и наши результаты претендуютъ только на приближеніе и вѣроятность, то безконечно малая погрѣшность въ нашемъ процессѣ приближенія не имѣетъ никакой важности.

Логическое начало закона погрѣшности.

Достойно замѣчанія, что этотъ законъ погрѣшности, хотя и представляется запутаннымъ и туманнымъ, однако на самомъ дѣлѣ основывается на самыхъ простыхъ принципахъ. Онъ весь вытекаетъ изъ различія между перемѣщеніями и сочетаніями, о которыхъ я разсуждалъ выше съ подробностью могущею показаться излишнею (183). Порядокъ, въ какомъ мы складываемъ количества, не имѣетъ никакого вліянія на величину суммы, такъ что если бы дѣйствовали три положительныхъ и пять отрицательныхъ причинъ погрѣшности, то при этомъ было бы совершенно безразлично, въ какомъ порядкѣ дѣйствующими мы представляемъ ихъ. Ихъ можно перемѣщать въ какомъ угодно порядкѣ, но результатъ останется тотъ же. Читатель вѣроятно могъ замѣтить, что принципы, кажущіеся до тривіальности простыми и очевидными при первой встрѣчѣ съ ними, появляются потомъ въ самыхъ сложныхъ и трудныхъ процессахъ научнаго метода. Основные законы тожества и различія дали начало логическому алфавиту, который по отвлеченіи признака различій повелъ къ ариѳметическому треугольнику. Законъ погрѣшности опредѣляется безконечно далекой линіей этого треугольника, и законъ показываетъ, что среднее есть самый вѣроятный результатъ и что уклоненія отъ средняго становятся менѣе вѣроятными, по мѣрѣ того какъ они возрастаютъ въ величинѣ. Но сравнительная величина чиселъ въ срединѣ каждой линіи треугольника происходитъ всецѣло отъ безразличія порядка въ пространствѣ и времени, которое уже было выставлено какъ условіе логическихъ отношеній и символовъ выражающихъ ихъ (стр. 32—34) и относительно котораго было потомъ показано, что оно также свойственно и численнымъ знакамъ, составляющимъ производныя отъ логическихъ терминовъ (стр. 157).

Повѣрка закона погрѣшности.

Разсматриваемая теорія погрѣшности вполнѣ основывается на предположеніи, что когда сдѣланы поправки на извѣстные источники возмущеній, то все еще остается неопредѣленное и можетъ быть безконечное число другихъ мелкихъ источниковъ погрѣшности, которые столь же часто производятъ излишекъ, какъ и недостачу. Если допускается это предположеніе, то законъ погрѣшности долженъ быть таковъ, какъ онъ обыкновенно принимается, и въ эмпирической повѣркѣ его существуетъ не больше надобности, чѣмъ въ механической повѣркѣ одного изъ положеній Эвклида. Тѣмъ не менѣе интересно бываетъ повѣрять даже положенія геометріи, а тѣмъ болѣе поучительно провѣрить, дѣйствительно ли большое число наблюденій подтвердитъ наше предположеніе закона погрѣшности.

Энке представилъ прекрасный примѣръ согласія теоріи съ опытомъ въ наблюденіяхъ разностей прямаго восхожденія солнца и двухъ звѣздъ, именно α Орла и α Большого Пса. Этихъ наблюденій было числомъ 470; они были произведены Брадлеемъ и обработаны Бесселемъ, который нашелъ, что окончательный результатъ составляетъ только около одной четвертой части секунды (0,2637). Затѣмъ онъ сравнилъ число погрѣшностей каждой величины, начиная отъ 0,1 секунды и выше, дѣйствительно встрѣчавшихся въ наблюденіяхъ съ числомъ, какое должно быть согласно съ закономъ погрѣшности.

Результаты представлены въ слѣдующей таблицѣ[1]).

Величина погрѣшностей въ частяхъ секунды.	Число погрѣшностей каждой величины по	
	наблюденію.	теоріи.
0·0 до 0·1	94	95
·1 „ ·2	88	89
·2 „ ·3	78	78
·3 „ ·4	58	64
·4 „ ·5	51	50
·5 „ ·6	36	36
·6 „ ·7	26	24
·7 „ ·8	14	15
·8 „ ·9	10	9
·9 „ 1·0	7	5
свыше 1·0	8	5

---

[1]) Энке, On the Method of Least Squares, Тейлоръ, Scientific Memoirs, v. II p. 338, 399.

Читатель видитъ, что согласіе здѣсь довольно близкое, исключая большихъ погрѣшностей, которыхъ на практикѣ оказалось больше. Однако есть одно возраженіе противъ теоріи погрѣшности, именно, что выражаясь въ непрерывной математической функціи, она представляетъ существованіе погрѣшностей всякой величины, даже такихъ, которыя на практикѣ не встрѣчаются; однако въ этомъ случаѣ теорія кажется даетъ для большихъ погрѣшностей число менѣе дѣйствительнаго.

Другое сравненіе закона съ наблюденіемъ было произведено Кетеле, который изслѣдовалъ погрѣшности 487 опредѣленій во времени прямаго восхожденія полярной звѣзды, сдѣланныхъ въ Гринвичѣ въ теченіи четырехъ лѣтъ 1836—39. Эти наблюденія, хотя были тщательно поправлены на всѣ извѣстныя причины погрѣшностей, напр. нутацію, предвареніе и проч., однаком ежду ними всетаки оказывалась разница. Наблюденія были распредѣлены на группы, отличавшіяся одна отъ другой на полсекунды времени и затѣмъ каждая изъ нихъ была пропорціонально увеличена въ числѣ такъ, чтобы сумма ихъ могла составить одну тысячу. Полученные результаты, сопоставленные съ результатами, которые должны были получиться по теоріи Кетеле, приведены въ слѣдующей таблицѣ [1]).

Величина погрѣшности въ десятыхъ секунды.	Число погрѣшностей		Величина погрѣшности въ десятыхъ секунды.	Число погрѣшностей	
	по наблюденію.	по теоріи.		по наблюденію.	по теоріи.
0·0	168	163	—	—	—
+ 0·5	148	147	— 0·5	150	152
+ 1·0	129	112	— 1·0	126	121
+ 1·5	78	72	— 1·5	74	82
+ 2·0	33	40	— 2·0	43	46
+ 2·5	10	19	— 2·5	25	22
+ 3·0	2	10	— 3·0	12	10
—	—	—	— 3·5	2	4

И въ этомъ примѣрѣ согласіе довольно удовлетворительно; но разногласіе между теоріею и фактомъ идетъ въ направленіи противоположномъ тому, какое оказывалось въ предшествующемъ примѣрѣ сравненія, именно большія погрѣшности менѣе часты, чѣмъ указываетъ теорія. Нужно замѣтить, что теоретическіе результаты Кетеле не симметричны.

---

[1]) Кетеле, Письма о теоріи вѣроятностей, англійскій пер. Доунеса, Письмо XIX. p. 88. См. также Гальтона, Hereditary Genius, p. 379.

Вѣроятный средній результатъ.

Непосредственный выводъ изъ изложеннаго закона погрѣшности состоитъ въ томъ, что средній результатъ есть самый вѣроятный, и когда есть только одна перемѣнная, то это среднее находится посредствомъ обыкновеннаго ариѳметическаго дѣйствія. Къ сожалѣнію въ нѣкоторыя сочиненія касающіяся этого предмета вкралась одна ошибка. Милль, разсуждая объ «устраненіи случайности», замѣчаетъ въ примѣчаніи[1]), что «о среднемъ обыкновенно говорится такъ, какъ будто-бы оно было одно и тоже съ ариѳметическимъ среднимъ. Но среднее употребляемое въ видахъ индуктивнаго изслѣдованія не есть ариѳметическое среднее, хотя при обыкновенномъ разъясненіи теоріи разница между ними можетъ быть оставлена безъ вниманія». Затѣмъ онъ далѣе говоритъ, что на основаніи математическихъ принциповъ самый вѣроятный результатъ есть тотъ, при которомъ сумма квадратовъ уклоненій бываетъ наименьшая. Вѣроятно Милль и другіе писатели были введены въ заблужденіе Уэвелемъ, который говоритъ[2]), что «методъ наименьшихъ квадратовъ есть на дѣлѣ методъ среднихъ, но съ специальными особенностями. Методъ выходитъ изъ того предположенія, что всѣ ошибки не одинаково вѣроятны, но что меньшія ошибки болѣе вѣроятны чѣмъ большія». Онъ прибавляетъ затѣмъ, что «этотъ методъ устраняетъ многое изъ того, что произвольно въ методѣ среднихъ». Странно, что такой математикъ какъ Уэвель дѣлаетъ подобныя замѣчанія, тогда какъ не можетъ быть никакого сомнѣнія, что методъ среднихъ есть только примѣненіе метода наименьшихъ крадратовъ. Они на дѣлѣ одинъ и тотъ же методъ, исключая того, что послѣдній методъ можетъ быть примѣняемъ къ случаямъ, когда нужно опредѣлить два или нѣсколько количествъ въ одно и тоже время. Лоббокъ и Дринкватеръ говорятъ[3]), что «если нужно опредѣлять только одно количество, то этотъ методъ сводится просто къ тому, чтобы взять среднее всѣхъ величинъ данныхъ наблюденіемъ». Энке говоритъ[4]), что выраженіе для вѣроятности погрѣшности «не только заключаетъ въ себѣ принципъ ариѳметическаго средняго, но и непосредственно зависитъ отъ него до такой степени, что для всѣхъ тѣхъ величинъ, для которыхъ оказывается годнымъ ариѳметическое среднее въ простыхъ случаяхъ, гдѣ оно главнымъ образомъ примѣняется, нельзя принять никакого другаго закона вѣроятности, кромѣ того, который выражается этой формулой».

---

[1]) System of Logic, b. III. ch. 17, § 3, 5 ed. v. II, p. 56.

[2]) Philosophy of the Inductive Sciences, 2 ed. v. II, p. 408, 409.

[3]) Essay on Probability, Dseful Knowledge Soc., 1833, p. 41.

[4]) Тейлоръ, Scientific Memoirs, v. II, p. 333.

Вѣроятная погрѣшность результатовъ.

Когда мы выводимъ заключеніе изъ числовыхъ результатовъ наблюденій, то мы въ важныхъ случаяхъ не должны довольствоваться нахожденіемъ простаго средняго и считать его истиннымъ. Мы должны еще убѣдиться, съ какою степенью довѣрія мы можемъ относиться къ этому среднему и наше довѣріе должно измѣряться степенью согласія между наблюденіями, изъ которыхъ оно выведено. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ среднее можетъ быть приблизительно достовѣрнымъ и точнымъ. Въ другихъ же случаяхъ оно имѣетъ мало значенія и почти ничего не стоитъ. Законъ погрѣшности даетъ намъ возможность получать точныя выраженія для степени довѣрія въ каждомъ данномъ случаѣ; потому что онъ показываетъ, какъ вычислить вѣроятность уклоненія всякой величины отъ средняго, а отсюда мы можемъ опредѣлить вѣроятность того, что подлежащее разсмотрѣнію среднее находится въ предѣлахъ извѣстнаго разстоянія отъ истиннаго числа. *Вѣроятная погрѣшность* на языкѣ математиковъ означаетъ границы, относительно которыхъ вѣроятно или невѣроятно, что въ предѣлахъ ихъ лежитъ истина. Такъ если 5,45 есть среднее всѣхъ опредѣленій плотности земли, а 0,20 приблизительно вѣроятная погрѣшность, то это значитъ, что вѣроятность того, что дѣйствительная плотность земли находится между 5,25 и 5,65, есть $^1/_2$. Можно произвольно брать какія угодно границы. Мы могли бы вычислить границы, относительно которыхъ вѣроятность того, что въ предѣлахъ ихъ лежитъ истина, была бы 100 или 1000 къ 1. Но принято брать равные шансы, какъ 1 къ 1, для выраженія количества вѣроятности, границы которой должны быть опредѣлены.

Многія сочиненія о вѣроятности даютъ правила для производства вычисленій; но такъ какъ съ прогрессомъ науки многіе должны быть ближе знакомы съ этими процессами, то я намѣренъ повторить здѣсь эти правила и объяснить ихъ употребленіе. Вычисленія, если ихъ производить согласно этимъ указаніямъ, требуютъ только ариѳметическихъ или логариѳмическихъ операцій.

Вотъ эти правила для разработки средняго результата съ цѣлью тщательно опредѣлить степень довѣрія внушаемаго имъ.

1) Вывести среднее всѣхъ наблюденныхъ результатовъ.

2) Найти излишекъ или недостачу, т. е. погрѣшность каждаго результата относительно средняго.

3) Взять квадратъ каждой изъ этихъ принимаемыхъ погрѣшностей.

4) Сложить всѣ эти квадраты, которые конечно всѣ положительны.

5) Раздѣлить на число наблюденій безъ единицы. Это дастъ *квадратъ средней погрѣшности.*

6) Извлечь квадратный корень изъ послѣдняго результата; это будетъ *средняя погрѣшность отдѣльнаго наблюденія.*

7) Раздѣлить на квадратный корень числа наблюденій; и мы получимъ *среднюю погрѣшность средняго результата.*

8) Наконецъ, помножить на естественную постоянную 0,6745 (или приблизительно на 0,674 или даже на $^2/_3$), и тогда получится *вѣроятная погрѣшность средняго результата.*

Предположимъ напр., что пять измѣреній высоты холма барометромъ или какъ нибудь иначе дали числа футовъ 293, 301, 306, 307, 313; и намъ нужно узнать вѣроятную погрѣшность средняго, т. е. 304. Разности между этимъ среднимъ и тѣми числами, *не обращая вниманія на направленіе*, будутъ 11, 3, 2, 3, 9; а ихъ квадраты будутъ 121, 9, 4, 9, 81; и слѣдовавательно сумма квадратовъ погрѣшностей будетъ 224. Раздѣлимъ на число наблюденій, 5 безъ единицы, или на 4, и получимъ 56. Это есть квадратъ средней погрѣшности; извлекши изъ него квадратный корень, мы получаемъ 7,48 (положимъ $7^1/_2$), среднюю погрѣшность отдѣльнаго наблюденія. Раздѣливши на 2,236, т. е. на квадратный корень 5, числа наблюденій, мы находимъ, что средня погрѣшность средняго результата есть 3,35, положимъ $3^1/_3$, и наконецъ помноживши на 0,6745, мы получаемъ вѣроятную погрѣшность средняго результата, которая оказывается 2,259, приблизительно $2^1/_4$. Смыслъ этого тотъ, что вѣроятность того, что истинная высота холма лежитъ между $301^3/_4$ и $306^1/_4$ есть половина, или шансы равны. Мы такимъ образомъ имѣемъ точную мѣру степени вѣроятности нашего результата, который указываетъ самый вѣроятный пунктъ, на которомъ должна находиться истина.

Нужно замѣтить, что такъ какъ цѣль этихъ вычисленій состоитъ въ томъ, чтобы пріобрѣсти понятіе о степени довѣрія, какого можетъ заслуживать среднее, то нѣтъ никакой дѣйствительной пользы въ томъ, чтобы доводить вычисленія до большей степени точности; и вездѣ, гдѣ отбрасываніе десятичныхъ дробей или даже небольшое измѣненіе числа можетъ много сократить вычисленія, мы можемъ дѣлать это безъ всякихъ опасеній, исключая случаевъ большой важности и точности. Броди показалъ, съ какою пользою законъ погрѣшности можетъ быть примѣненъ въ химическихъ изслѣдованіяхъ и нѣкоторые примѣры такого примѣненія находятся въ его мемуарѣ ¹).

На эксперименты Бенценберга съ цѣлью обнаружить вращеніе земли посредствомъ отклоненія отъ перпендикулярной линіи шара падающаго въ глубокой шахтѣ Энке указалъ ²), какъ на интересный поясняющій примѣръ закона погрѣшности. Среднее уклоненіе было 5,086 линій и его вѣроятная ошибка была вычислена Энке и оказалась не больше 0,950 линіи, т. е. шансы были равны, что истинный результатъ находится между 4,136 и 6,036. Такъ какъ уклоненіе по астрономическимъ основаніямъ должно быть 4,6 линіи, что лежитъ въ предѣлахъ указанныхъ границъ, то мы можемъ считать, что эти опыты согласны съ Коперниковой системой вселенной.

Само собою разумѣется, что вѣроятная погрѣшность имѣетъ отношеніе только къ тѣмъ причинамъ погрѣшностей, которыя въ общей сложности дѣйствуютъ сколько въ одномъ, столько же и въ другомъ направленіи; она вовсе не касается постоянныхъ погрѣшностей. Поэтому истинный результатъ часто можетъ лежать внѣ границъ вѣроятной погрѣшности, вслѣдствіе какой нибудь значительной постоянной погрѣшности или погрѣшностей, существованіе которыхъ намъ неизвѣстно.

Отверженіе средняго результата.

Мы постоянно должны помнить, что среднее всякой серіи наблюденій есть наилучшее, т. е. наиболѣе вѣроятное приближеніе къ истинѣ только тогда, когда намъ неизвѣстно противное. Выборъ средняго всецѣло основывается на вѣроятности того, что неизвѣстныя причины въ общей сложности дѣйствуютъ сколько въ одномъ направленіи, столько же и въ противоположномъ ему, такъ что выводя среднее, мы уравновѣшиваемъ одну причину другою. Но если бы мы имѣли какое нибудь основаніе предполагать, что существуетъ тенденція къ погрѣшности скорѣе въ одномъ направленіи, чѣмъ въ другомъ, тогда выбирать среднее значило бы игнорировать эту тенденцію. Мы конечно можемъ приблизиться къ длинѣ окружности круга, если возьмемъ среднее периметровъ вписаннаго и описаннаго многоугольниковъ съ равнымъ и большимъ числомъ сторонъ. Длина круговой линіи несомнѣнно лежитъ между длинами двухъ периметровъ, но изъ этого не слѣдуетъ, что среднее есть наилучшее приближеніе. Въ самомъ дѣлѣ можетъ быть доказано, что окружность круга *весьма близко* равна периметру вписаннаго многоугольника съ прибавленіемъ одной тре-

---

¹) Phil. Trans. 1873, p. 83.

²) Тейлора, Scientific Memoirs, v. II. p. 330, 349 etc.

тьей части разности между вписаннымъ и описаннымъ многоугольниками съ одинаковымъ числомъ сторонъ. Имѣя такое знаніе, мы и должны конечно сообразоваться съ нимъ, вмѣсто того чтобы полагаться на вѣроятность.

Мы часто можемъ видѣть, что рядъ измѣреній имѣетъ тенденцію скорѣе къ крайней границѣ, чѣмъ къ среднему. Въ наблюденіяхъ имѣвшихъ цѣлью точное опредѣленіе видимаго діаметра самыхъ блестящихъ звѣздъ мы находимъ постоянное уменьшеніе получавшейся величины его по мѣрѣ того, какъ увеличивалось число наблюденій. Кеплеръ считалъ видимый діаметръ Сиріуса въ 240 секундъ, Тихо Браге въ 126, Гассенди въ 10, а Галилей, Гевелій и Я. Кассини въ 5 или 6 секундъ. Галлей, Мичель и впослѣдствіи В. Гершель пришли къ заключенію, что самыя блестящія звѣзды не могутъ имѣть дѣйствительнаго диска даже въ секунду и діаметръ ихъ вѣроятно еще меньше. Конечно было бы нелѣпостью брать среднее количествъ, которыя разнятся между собою болѣе чѣмъ въ 240 разъ; но такъ какъ замѣтна была тенденція все къ меньшимъ опредѣленіямъ, то есть значительный перевѣсъ въ пользу самаго малаго ¹).

Мы знаемъ, что во многихъ экспериментахъ и измѣреніяхъ существуетъ преобладающая тенденція къ погрѣшности въ одномъ направленіи. Показанія термометра становятся больше по мѣрѣ того какъ инструментъ становится старѣе и никакой выводъ средняго не поправитъ этого результата. Напротивъ барометры имѣютъ тенденцію показывать не выше, а ниже вслѣдствіе несовершенной барометрической пустоты и дѣйствія капилярнаго притяженія. Если ртуть совершенно чиста и нѣтъ замѣтной погрѣшности происходящей отъ измѣряющаго аппарата, то лучшій барометръ будетъ тотъ, который даетъ самый высшій результатъ. При опредѣленіи удѣльнаго вѣса твердаго тѣла главный источникъ погрѣшности заключается въ пузыркахъ воздуха приставшихъ къ тѣлу, вслѣдствіе чего удѣльный вѣсъ можетъ оказаться слишкомъ малымъ. На одностороннія погрѣшности этого рода всегда нужно обращать много вниманія, такъ какъ умноженіе экспериментовъ не устраняетъ погрѣшности. Въ такихъ случаяхъ одинъ тщательно произведенный опытъ лучше чѣмъ какое угодно число небрежно сдѣланныхъ опытовъ.

Если мы имѣемъ резонныя основанія предполагать, что извѣстные экспериментальные результаты заключаютъ въ себѣ важныя погрѣшности, то мы должны исключить ихъ при выведеніи средняго. Если бы намъ нужно было найти наиболѣе вѣроятное приближеніе къ скорости звука въ воздухѣ, то было бы нелѣпо обращаться къ старымъ экспериментамъ, которые давали скорость отъ

---

¹) Кетеле, Письма и проч.

1200 до 1474 футовъ въ секунду; потому что мы знаемъ, что прежніе наблюдатели не принимали никакихъ предосторожностей противъ погрѣшностей происходящихъ отъ вѣтра и другихъ причинъ. Старые химическіе эксперименты не имѣютъ никакой цѣны относительно количественныхъ результатовъ. Прежніе химики находили, что въ различныхъ мѣстахъ атмосфера имѣетъ различный составъ и разница будто бы доходитъ до 10 процентовъ, между тѣмъ какъ новые точные опыты показываютъ только весьма небольшую разницу. Всякій методъ измѣренія, о которомъ мы знаемъ, что онъ устраняетъ источникъ погрѣшности, гораздо предпочтительнѣе другихъ методовъ, которые для устраненія погрѣшности полагаются на вѣроятности. Флемстидъ говоритъ, что «одинъ хорошій инструментъ гораздо лучше, чѣмъ сотня посредственныхъ» ¹). Но инструментъ можно назвать хорошимъ или дурнымъ только посредственно и никакой инструментъ не даетъ неизмѣнныхъ и вполнѣ надежныхъ результатовъ. Поэтому въ концѣ концовъ мы должны обращаться къ вѣроятностямъ для выбора окончательнаго средняго, когда исчерпаны всѣ другія предосторожности.

Лежандръ, открывшій методъ наименьшихъ квадратовъ, совѣтовалъ отвергать тѣ наблюденія, которыя весьма много разнятся отъ результатовъ его метода. Этотъ предметъ былъ тщательно изслѣдованъ Пирсомъ, который предложилъ методъ для отверженія сомнительныхъ наблюденій основанный на слѣдующемъ принципѣ: «наблюденія должны быть отвергаемы, если вѣроятность системы погрѣшностей получающихся при удержаніи ихъ меньше, чѣмъ вѣроятность системы погрѣшностей, получающихся при отверженіи ихъ, помноженная на вѣроятность того, что будетъ сдѣлано столько же, а не больше ненормальныхъ наблюденій» ²). Изслѣдованія Пирса изложены почти его собственными словами Шовенетомъ въ его Manual of Spherical and Practical Astronomy, который содержитъ полное и прекрасное обсужденіе методовъ обработки численныхъ наблюденій.

Возникаютъ иногда трудные вопросы, когда одинъ или нѣсколько результатовъ принятаго метода экспериментированія сильно разнятся отъ средняго остальныхъ результатовъ. Должны ли мы или нѣтъ исключать ихъ, принимая предлагаемый вѣрный средній результатъ метода? Выведеніе средняго результата основывается, какъ я часто объяснялъ, на предположеніи, что каждая ошибка дѣйствующая въ одномъ направленіи уравнивается другими ошибками дѣйствующими въ противоположномъ направленіи. Поэтому если мы знаемъ или имѣемъ возможность открыть какія-нибудь причины погрѣшности несогласныя

---

¹) Байли, Account of Flamsteed, p. 56.

²) Гульдъ, Astronomical Journal, Cambridge, Mass., v. II. p. 161.

съ этимъ предположеніемъ, то это даетъ намъ право исключать результаты, на которые по нашему мнѣнію дѣйствовала эта причина.

При разработкѣ большихъ серій астрономическихъ наблюденій нерѣдко встрѣчаются числа разнящіяся отъ другихъ на цѣлый градусъ или на полградуса или вообще на какое-нибудь значительное количество. Эти погрѣшности едва ли могли произойти отъ самаго акта наблюденія или отъ неправильности инструмента, и они могутъ быть объяснены или невѣрнымъ прочтеніемъ цифръ или ошибкой въ постановкѣ указателей дѣленій. Было бы нелѣпо надѣяться на шансъ, что такія ошибки въ общемъ ходѣ уравновѣсятъ одна другую, и поэтому лучше произвольно исправить предполагаемую ошибку или еще лучше, если можно сдѣлать новыя наблюденія, то вычеркнуть совсѣмъ несогласныя числа. Когда результаты выходятъ слишкомъ большими или слишкомъ малыми въ правильномъ порядкѣ, то это наводитъ на подозрѣніе, что какая-нибудь часть инструмента ошибается на извѣстномъ пространствѣ, или что опредѣленная причина погрѣшности дѣйствуетъ въ одно время и не дѣйствуетъ въ другое. Поэтому для насъ должно быть дѣломъ первой важности открыть точную природу и количество такой погрѣшности, а потомъ или предупредить появленіе ея въ будущемъ или же ввести соотвѣтствующую поправку. Во многихъ изслѣдованіяхъ вся трудность состоитъ въ такомъ открытіи и устраненіи источниковъ погрѣшности. Роско нашелъ, что присутствіе фосфора причиняетъ серьезные и почти неустранимыя погрѣшности при опредѣленіи атомнаго вѣса ванадія ¹). Гершель, обработывая свои наблюденія надъ двойными звѣздами произведенныя на мысѣ Доброй Надежды, былъ поставленъ въ большое затрудненіе необъяснимою разницею между углами положенія, когда они измѣрялись 7-футовымъ экваторіальнымъ телескопомъ и когда они измѣрялись 20-футовымъ рефлекторомъ; послѣ тщательныхъ изслѣдованій онъ принужденъ былъ удовольствоваться введеніемъ поправки опредѣленной экспериментально ²).

Когда наблюденія достаточно многочисленны, то слѣдуетъ выразить видимыя погрѣшности кривою и затѣмъ смотрѣть, представляетъ ли эта кривая симметрическую и характеристическую форму кривой погрѣшности. Если да, то изъ этого можно заключить, что погрѣшности происходятъ отъ многихъ мелкихъ независимыхъ источниковъ и вѣроятно компенсируютъ одна другую въ среднемъ результатѣ. Всякая значительная неправильность покажетъ существованіе одностороннихъ или большихъ причинъ погрѣшности которыя и нужно подвергнуть изслѣдованію.

---

¹) Phil. Trans. 1868 v. CLVIII. p. 6.

²) Results of Observations at the Cape of Good Hope, p. 283.

Даже при самыхъ терпѣливыхъ и исчерпывающихъ изслѣдованіяхъ иногда не удается открыть какого-нибудь основанія, почему нѣкоторые результаты разнятся отъ другихъ. И здѣсь опять является вопросъ, можемъ ли мы произвольно исключить ихъ? Какъ общее правило, отвѣтъ долженъ быть отрицательный. Одинъ фактъ разницы еще не даетъ рѣшающаго доказательства противъ результата и употребленіе въ дѣло произвольнаго выбора открыло бы путь фатальному вліянію предзанятыхъ мнѣній. Это значило бы произносить рѣшеніе о фактѣ на основаніи теоріи, вмѣсто того чтобы судить о теоріи по факту. Повидимому несогласное число можетъ современемъ оказаться вѣрнымъ. Оно можетъ быть тѣмъ драгоцѣннымъ исключеніемъ, которое опрокидываетъ наши ложныя теоріи, разрушаетъ кажущіяся совпаденія и открываетъ путь къ новому взгляду на предметъ. Но для того, чтобы установить такое положеніе для разногласящаго факта, нужны дополнительныя изслѣдованія; но и до тѣхъ поръ мы должны придавать ему нѣкоторый вѣсъ въ нашихъ среднихъ заключеніяхъ и должны помнить, что это несогласіе требуетъ нашего вниманія. Пренебречь разногласящимъ результатомъ значитъ пренебречь возможнымъ ключомъ къ будущему великому открытію.

Методъ наименьшихъ квадратовъ.

Когда два или нѣсколько неизвѣстныхъ количествъ связаны между собою такимъ образомъ, что они не могутъ быть опредѣлены отдѣльно по простому методу среднихъ, тогда мы можемъ получить ихъ наиболѣе вѣроятныя величины посредствомъ метода наименьшихъ квадратовъ безъ особенныхъ затрудненій кромѣ тѣхъ, которыя представляютъ длинныя ариѳметическія вычисленія. Если результатъ каждаго наблюденія даетъ уравненіе между двумя неизвѣстными количествами въ формѣ

$$ax + by = c,$$

то если наблюденія были свободны отъ погрѣшностей, намъ нужно только два наблюденія, дающія два уравненія: но для достиженія большей точности мы можемъ взять нѣсколько наблюденій и сократить уравненія такъ, чтобы ихъ осталось только два съ средними коэфиціентами. Это сокращеніе дѣлается 1., посредствомъ умноженія коэфиціентовъ каждаго уравненія на первый коэфиціентъ и сложенія всѣхъ подобныхъ коэфиціентовъ, что и дастъ коэфиціеты новаго уравненія; и 2., посредствомъ повторенія этого процесса и помноженія коэфиціентовъ каждаго уравненія на коэфиціентъ втораго члена. Принимая, что (сумма a^2) означаетъ сумму всѣхъ количествъ одного рода и занимаетъ тоже мѣсто въ уравненіи какъ a^2, мы можемъ кратко изобразить два производныя среднія уравненія слѣдующимъ образомъ:

$$
\begin{aligned}
(\text{сумма } a^2).\, x + (\text{сумма } ab).\, y &= (\text{суммѣ } ac),\\
(\text{сумма } ab).\, x + (\text{сумма } b^2).\, y &= (\text{суммѣ } bc).
\end{aligned}
$$

Если есть три или болѣе неизвѣстныхъ количествъ, то процессъ остается въ сущности совершенно тѣмъ же и мы получаемъ добавочныя среднія уравненія помноженіемъ на третій, четвертый и проч. коэфиціенты. Такъ какъ числа во всякомъ случаѣ только приблизительны, то обыкновенно нѣтъ надобности производить вычисленія съ точностью и десятичные знаки могутъ быть свободно отбрасываемы для уменьшенія ариѳметической работы. Когда уравненія приведены, то ихъ рѣшеніе обыкновенными алгебраическими способами даетъ самыя вѣроятныя величины неизвѣстныхъ количествъ.

Сочиненія о теоріи вѣроятности.

Считая теорію вѣроятности и законъ погрѣшности самыми важными предметами изученія для всякаго, кто желаетъ получить полное понятіе о научномъ методѣ, какъ онъ въ настоящее время примѣняется въ физическихъ изслѣдованіяхъ, я сдѣлаю краткій обзоръ сочиненій, по одному изъ которыхъ читатель лучше всего можетъ изучить этотъ предметъ.

Самое популярное и въ тоже время глубокое англійское сочиненіе объ этомъ предметѣ есть Essay on Probabilities and on their Application to Life Contingencies and Insurance Offices Де Моргана, напечатанное въ Cabinet Cyclopaedia. Затѣмъ слѣдуетъ сочиненіе Вена The Logic of Chance, второе изданіе котораго значительно расширено; оно содержитъ въ себѣ интересное и дѣльное обсужденіе метафизическаго основанія вѣроятности и родственныхъ вопросовъ о причинности, вѣрѣ, цѣли, свидѣтельствѣ и проч., хотя я и не всегда согласенъ съ мнѣніями Вена. Для пониманія этихъ сочиненій требуется знаніе только обыкновенной ариѳметики. *Письма* Кетеле представляютъ прекрасное введеніе къ этому предмету и содержатъ цѣнныя математическія примѣчанія. Краткій трактатъ Эйри On the Algebraical and Numerical Theory of Errors of Observations and the Combination of Observations содержитъ въ себѣ полное объясненіе закона погрѣшности и его практическихъ примѣненій. Трактатъ де Моргана On the Theory of Probabilities представляетъ извлеченіе изъ отвлеченныхъ и головоломныхъ изслѣдованій Лапласа и вмѣстѣ множество глубокихъ и оригинальныхъ замѣчаній относительно теоріи вообще. Въ сочиненіи Лоббока и Дринкватера Probability въ сборникѣ Library of Useful Knowledge мы имѣемъ краткое, но точное изложеніе нѣсколькихъ важныхъ задачъ. Уитвортъ въ своемъ сочиненіи подъ заглавіемъ Choice and Chance представилъ нѣсколько прекрасныхъ разъясняющихъ примѣровъ вычисленій относительно сочетаній и вѣроятностей. Въ удивительной исторіи Тотгунтера мы имѣемъ исчерпывающій критическій обзоръ всѣхъ сочиненій о вѣроятности до самой высшей точки развитія этой теоріи въ сочиненіяхъ Лапласа. О мемуарѣ Глешера мы уже упоминали (стр. 352). При существованіи этихъ и другихъ хорошихъ англійскихъ сочиненій всетаки ощущается недостатокъ въ легкопонятномъ и довольно полномъ математическомъ введеніи къ изученію теоріи.

Между французскими сочиненіями Traité Elementaire du Calcul des Probabilités, Лакруа, составляетъ кажется самый лучшій элементарный трактактъ. Recherches sur la Probabilitè des Jugements (Paris 1837) начинается удивительнымъ изслѣдованіемъ основаній и методовъ теоріи. Въ то время, какъ замѣчательная Thèorie Analytique des Probabitités Лапласа составляетъ своего рода Principia по этому предмету, его Essai Philosophique sur les Probabilités есть трактакъ, одинъ изъ самыхъ глубокихъ и интересныхъ, какіе когда либо были напечатаны. Онъ долженъ быть хорошо знакомъ всякому изучающему логическій методъ, потому что съ теченіемъ времени онъ мало или почти ничего не потерялъ.

Открытіе постоянныхъ погрѣшностей.

Методъ среднихъ рѣшительно не въ состояніи выдѣлить какую нибудь погрѣшность, которая всегда одинакова или которая всегда идетъ въ одномъ направленіи. Намъ не нужно усыплять себя чувствомъ полной безопасности и мы должны по временамъ напоминать себѣ, что намъ нужно принимать надлежащія предосторожности противъ такихъ скрытыхъ погрѣшностей. Гауссъ говоритъ, что «дѣло наблюдателя тщательно устранять причины постоянныхъ погрѣшностей» и это вѣрно даже тогда, когда погрѣшность абсолюбно постоянна. Когда мы сдѣлали нѣсколько опредѣленій съ извѣстнымъ аппаратомъ и по извѣстному методу измѣренія, то будетъ очень полезно для насъ измѣнить все производство опыта или даже придумать какой нибудь совершенно иной методъ опредѣленія для полученія величинъ того же количества. Причина заключается очевидно въ невѣроятности того, чтобы одна и таже погрѣшность повторялась при двухъ или при нѣсколькихъ различныхъ методахъ опыта. Если окажется, что существуетъ разногласіе въ результатахъ, то это уже должно наводить насъ на мысль о существованіи погрѣшности

24*

и мы можемъ принять мѣры для открытія того, гдѣ лежитъ эта погрѣшность. Если бы мы могли перепробовать значительное число методовъ, тогда была бы большая вѣроятность того, что погрѣшности постоянныя при одномъ методѣ уравновѣсились бы или почти уравновѣсились бы погрѣшностями противоположнаго дѣйствія при другихъ методахъ. Предположимъ, что употреблено три различныхъ метода, и при каждомъ была погрѣшность равной величины. Вѣроятность того, что погрѣшность при всѣхъ ихъ дѣйствуетъ въ одномъ и томъ направленіи есть только $^1/_4$; а при четырехъ методахъ $^1/_8$. Если каждый методъ представляетъ, какъ это всегда бываетъ, нѣсколько независимыхъ источниковъ погрѣшности, то получается еще большая вѣроятность того, что въ среднемъ результатѣ всѣхъ методовъ нѣкоторыя изъ погрѣшностей хотя отчасти компенсируютъ другія. Въ этомъ случаѣ, какъ и во всѣхъ другихъ, когда исчерпана вся человѣческая осмотрительность, мы должны полагаться только на теорію вѣроятности.

При опредѣленіи нулевой точки, величины основныхъ образцовъ мѣръ времени и пространства, въ личныхъ поправкахъ астронома наблюдателя мы имѣемъ примѣры постоянныхъ погрѣшностей; но какъ общее правило, измѣненіе всей процедуры опыта дѣлаетъ вѣроятнымъ измѣненіе характера погрѣшности въ противуположномъ направленіи, и можно привести много примѣровъ пользы, принесенной этою предосторожностью. Если мы много разъ измѣряемъ одну и туже угловую величину однимъ и тѣмъ же раздѣленнымъ кругомъ, удерживаемомъ въ совершенно одинаковомъ положеніи, то очевидно, что одинъ и тотъ же знакъ на кругѣ будетъ нашимъ критеріемъ въ каждомъ случаѣ и всякая погрѣшность въ положеніи знака одинаково будетъ измѣнять всѣ наши результаты. Но если при каждомъ измѣреніи мы употребляемъ иную часть круга и поэтому употребляется новый знакъ, то, такъ какъ погрѣшность каждаго знака не можетъ имѣть одинаковаго направленія, средній результатъ будетъ почти совершенно свободенъ отъ погрѣшностей происходящихъ отъ дѣленія круга. Но еще лучше было бы употреблять не одинъ раздѣленный кругъ.

Даже если мы не имѣемъ никакого понятія о пунктахъ, въ которыхъ по всей вѣроятности случается погрѣшность, то можемъ съ выгодою измѣнять устройство нашего аппарата въ той надеждѣ, что можетъ быть намъ удастся случайно открыть какую нибудь скрытую причину погрѣшности. Байли, повторяя опытъ Мичеля и Кевендиша надъ плотностью земли, имѣлъ въ виду не просто повторить прежніе пріемы и повѣрить прежнія числа, но еще узнать, не получатся ли различные результаты, если измѣнять объемъ и вещество притягивающихъ шаровъ, способъ привѣса, температуру окружающаго воздуха и проч.

Онъ произвелъ не менѣе 26 отдѣльныхъ серій, состоявшихъ изъ 2,153 опытовъ, и тщательно классифицировалъ и обработалъ результаты, чтобы открыть малѣйшія различія. Также точно въ опытахъ надъ сопротивленіемъ воздуха движенію маятника, Байли употреблялъ не менѣе 80 маятниковъ разной формы и изъ разныхъ матеріаловъ, чтобы точно опредѣлить, отъ какихъ условій зависитъ сопротивленіе. Реньо въ своихъ точныхъ изслѣдованіяхъ надъ расширеніемъ газовъ дѣлалъ произвольныя измѣненія въ величинѣ частей своего аппарата. Онъ думалъ, что если несмотря на такія измѣненія результаты не измѣняются, то погрѣшности вѣроятно незначительны по величинѣ ¹); но на дѣлѣ всегда возможно и вѣроятно, что мы не замѣчаемъ источниковъ погрѣшности, которые будутъ открыты будущимъ поколѣніемъ. Такъ опыты надъ маятникомъ Байли и Сабина были направлены къ тому, чтобы опредѣлить сущность и величину поправки на сопротивленіе воздуха, которое было совершенно оставлено безъ вниманія въ опытахъ надъ секунднымъ маятникомъ, на которыхъ основывалось опредѣленіе образцоваго ярда по 5 акту Георга IV. с. 74. Было уже упомянуто, что была открыта значительная погрѣшность въ опредѣленіи образцоваго метра, какъ составляющаго десятимилліонную часть разстоянія отъ полюса до экватора.

Мы возвратимся еще въ главѣ XXV къ дальнѣйшему разсмотрѣнію медодовъ, посредствомъ которыхъ мы можемъ насколько возможно обезопасить себя противъ постоянныхъ и неоткрытыхъ источниковъ погрѣшности. А теперь, когда мы кончили разсмотрѣніе спеціальныхъ методовъ необходимыхъ при изслѣдованіи количественныхъ явленій, мы должны обратиться къ нашему главному предмету и прослѣдить тотъ путь, которымъ физикъ изъ наблюденія и опыта собираетъ матеріалы знанія и затѣмъ при помощи гипотезъ и обратнаго вычисленія выводитъ изъ нихъ индуктивно законы природы.

---

¹) Жаменъ, Cours de Physique, v. II. p. 60.

КНИГА IV.

Индуктивное изслѣдованіе.

ГЛАВА XVIII

НАБЛЮДЕНІЕ.

Всякое знаніе первоначально начинается съ опыта. Употребляя это слово въ обширномъ смыслѣ, мы можемъ сказать, что опытъ обнимаетъ все то, что мы *чувствуемъ*, внѣшнимъ или внутреннимъ образомъ, есть аггрегатъ впечатлѣній, которыя мы получаемъ различными путями воспріятія, слѣдовательно аггрегатъ того, что есть въ умѣ, исключая того, что нѣкоторыя части знанія могутъ быть по умозаключенію выведены изъ другихъ частей. Опытъ есть все то, что мы испытываемъ въ жизни и впечатлѣнія собранныя намѣренно или ненамѣренно доставляютъ матеріалы, изъ которыхъ дѣятельныя способности ума развиваютъ науку.

Не малая часть опытовъ вошедшихъ въ науку пріобрѣтена безъ всякаго опредѣленнаго намѣренія. Мы не можемъ открыть нашихъ глазъ безъ того, чтобы не увидѣть какихъ нибудь фактовъ, которые могутъ оказаться полезными. Во многихъ случаяхъ изъ случайнаго наблюденія возникала цѣлая наука. Такъ Эразмъ Бартолинъ первый открылъ двойное лучепреломленіе въ исландскомъ шпатѣ; Гальвани замѣтилъ вздрагиваніе лапокъ лягушки; Окенъ былъ пораженъ формою позвонка; Малюсъ случайно разсматривалъ свѣтъ отраженный отъ отдаленныхъ оконъ черезъ двояко преломляющее вещество; и вниманіе Д. Гершеля было привлечено своеобразнымъ видомъ раствора сѣрнокислаго хинина. Въ древнія времена тоже кто-нибудь первый случайно замѣтилъ странныя свойства естественнаго магнита или необъяснимыя движенія производимыя янтаремъ. Какъ общее правило, мы не знаемъ, въ какомъ направленіи мы должны искать главной массы явленій сильно отличающихся отъ явленій знакомыхъ намъ. При этомъ случай можетъ дать намъ исходную точку; но одно случайное наблюденіе, если имъ воспользоваться какъ слѣдуетъ, можетъ побудить насъ сдѣлать тысячу наблюденій, произведенныхъ съ извѣстнымъ намѣреніемъ и въ опредѣленномъ порядкѣ, и такимъ образомъ малѣйшій намекъ опыта можетъ постепенно развиться въ науку.

Различіе между наблюденіемъ и опытомъ.

Обыкновенно говорятъ, что есть два источника опыта, наблюденія и опыты (эксперименты). Когда мы просто замѣчаемъ и записываемъ явленія, совершающіяся вокругъ насъ при обыкновенномъ теченіи природы, тогда говорится, что мы *наблюдаемъ*. Когда же мы измѣняемъ естественное теченіе природы вмѣшательствомъ нашихъ мускульныхъ силъ и такимъ образомъ производимъ необыкновенныя комбинаціи и условія явленій, тогда говорится, что мы *дѣлаемъ опыты*, экспериментируемъ. Гершель справедливо замѣтилъ [1]), что мы гораздо точнѣе могли бы назвать эти два вида опыта *пассивнымъ и активнымъ наблюденіемъ*. Въ томъ и другомъ случаѣ мы должны употреблять наши чувства для наблюденія, и опытъ отличается отъ простого наблюденія только тѣмъ, что мы болѣе или менѣе вліяемъ на явленія наблюдаемыя нами. Опытъ поэтому есть наблюденіе *съ прибавленіемъ* измѣненія условій.

Легко можно видѣть, что мы незамѣтными градаціями поднимаемся отъ простого наблюденія къ опредѣленнымъ опытамъ. Когда древніе астрономы просто замѣчали обыкновенныя движенія солнца, луны и планетъ на небѣ, то они были только наблюдателями. Но нынѣшніе астрономы выбираютъ строго опредѣленныя времена и мѣста для важныхъ наблюденій звѣзднаго параллакса или прохожденій планетъ. Они берутъ земную орбиту за основаніе такъ сказать *естественнаго эксперимента* и отлично пользуются движеніями, которыя не въ ихъ власти. Метеорологія можетъ казаться наукой чистаго наблюденія, потому что мы не можемъ управлять измѣненіями погоды, которыя мы наблюдаемъ. Но тѣмъ не менѣе мы восходимъ на горы или поднимаемся на аэростатахъ подобно Гей-Люссаку и Глешеру и можемъ варьировать пункты наблюденія такъ, какъ будто мы производимъ экспериментъ. Мы рѣшительно не можемъ ни произвести, ни остановить земныхъ электрическихъ токовъ, но когда мы устраиваемъ длинныя телеграфныя линіи, то получаемъ такіе сильные токи во время періодовъ возмущенія, что они легко могутъ быть наблюдаемы.

---

[1]) Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy, p. 77.

Однако самымъ лучшимъ образомъ организованныя системы наблюденій не могли бы дать намъ большй части тѣхъ фактовъ, которыми мы теперь обладаемъ. Многіе процессы непрерывно совершающіяся въ природѣ столь медленны и тихи, что они ускользаютъ отъ нашего наблюденія. Лавуазье замѣтилъ, что разложеніе воды должно постоянно происходить въ природѣ, хотя возможность эта оставалась неизвѣстною до этого химикамъ [1]). Ни одно вещество не лишено вполнѣ магнитной или діамагнитной способности; но нужно было все экспериментаторское искуство Фаредея для того, чтобы показать, что желѣзо и немногіе другіе металлы не обладаютъ исключительной монополіей этой способности. Случайное наблюденіе явленій грозы уже давно поражало умы людей и остановило ихъ вниманіе на притягательныхъ свойствахъ янтаря. Однако же только опыты могли показать, что явленія столь различныя по величинѣ и характеру суть проявленія одного и того же дѣятеля. Чтобы наблюдать съ точностью и удобствомъ, мы должны имѣть возможность распоряжаться естественными дѣятелями, такъ чтобы по своему произволу увеличивать или уменьшать ихъ напряженность, останавливать или приводить ихъ въ дѣйствіе. Подобно тому, какъ Смитонъ находилъ нужнымъ создать искуственный и легко регулируемый притокъ вѣтра для его изслѣдованій надъ вѣтряными мельницами, такъ и мы вообще должны имѣть легко регулируемые притоки свѣта, теплоты, электричества, мускульной силы и всякихъ другихъ дѣятелей, которые мы изслѣдуемъ.

Едва-ли нужно указывать на то, что на поверхности земли мы живемъ при постоянныхъ почти условіяхъ тяжести, температуры и атмосфернаго давленія, такъ что еслибы намъ нужно было распространять наши умозаключенія на другія части вселенной, гдѣ условія совершенно иныя, то мы должны были бы воспроизвести эти условія здѣсь въ малыхъ размѣрахъ. Мы должны были-бы имѣть необыкновенно высокія и низкія температуры, видоизмѣнять плотность газовъ отъ приблизительной пустоты и далѣе до высокихъ давленій, подвергать жидкости и твердыя тѣла давленіямъ и растяженіямъ почти безграничной величины.

Интеллектуальныя условія правильнаго наблюденія.

Каждое наблюденіе должно быть вѣрно въ извѣстномъ смыслѣ, потому что наблюденіе и записываніе факта само по себѣ уже есть фактъ. Но прежде чѣмъ пускать въ дѣло предполагаемый смыслъ сдѣланной записи факта и выводить заключенія о теченіи природы, мы должны удостовѣриться, не составляютъ ли записанныя явленія въ значительной степени результата характера и чувствъ самого наблюдателя. Умъ человѣка, какъ сказалъ Ф. Беконъ, подобенъ неровному зеркалу и не отражаетъ явленій природы безъ нѣкотораго извращенія. Мы уже не говоримъ здѣсь о намѣренно ложныхъ наблюденіяхъ, о погрѣшностяхъ происходящихъ отъ невѣрнаго запоминанія, отъ недостаточнаго освѣщенія и т. д. Даже въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ при наблюденіи и записываніи соблюдается крайняя правдивость и тщательность, существуютъ тенденціи къ погрѣшности и вслѣдствіе этого возникаютъ ложныя мнѣнія.

---

[1]) Элементы Химіи, англійск. пер. Керра, 3 изд. стр. 148.

Чрезвычайно трудно найти людей, которые бы съ совершенно одинаковою правдивостью записывали факты какъ въ пользу, такъ и противъ ихъ личныхъ взглядовъ. У необразованныхъ наблюдателей стремленіе замѣчать благопріятныя и пропускать неблагопріятныя явленія такъ велико, что никакъ нельзя довѣрять ихъ мнимымъ наблюденіямъ. Такъ возникло упорное ошибочное мнѣніе, что измѣненія погоды совпадаютъ какимъ нибудь образомъ съ измѣненіями луны, хотя точные и безпристрастные наблюдатели не подтверждаютъ этого факта. Всѣ чудодѣйственные лекаря, знахари и проч. держатся разительнымъ эффектомъ одного успѣха, хотя есть сотни неудачъ, которыя не заявляются и забываются. Какъ говоритъ Беконъ, «люди замѣчаютъ, когда они попадаютъ въ цѣль и никогда не замѣчаютъ, когда дѣлаютъ промахъ». И мы должны постоянно помнить старый анекдотъ, приводимый у Бекона, какъ одному язычнику показывали храмъ съ портретами всѣхъ тѣхъ лицъ, которые спаслись отъ кораблекрушенія послѣ того, какъ сдѣлали приношенія во храмъ. И когда его потомъ спросили, признаетъ ли онъ теперь силу боговъ, то онъ отвѣчалъ: «а позвольте, — гдѣ же нарисованы портреты тѣхъ, которые утонули послѣ того, какъ сдѣлали приношеніе?»

Если бы мы могли опредѣлить величину предзанятаго мнѣнія, существующаго во всѣхъ частныхъ наблюденіяхъ, то съ нимъ можно было бы обращаться какъ съ одною изъ силъ въ данной задачѣ, и мы всетаки могли бы открыть вѣрное теченіе внѣшней природы. Но чувства наблюдателя обыкновенно бываютъ столь неопредѣленны, что гдѣ только есть основаніе подозрѣвать предзанятое желаніе, тамъ лучше всего просто отвергнуть результатъ. Относительно фактовъ, случайно записанныхъ въ прежнія времена наблюдателями, способность и безпристрастіе которыхъ такъ мало намъ извѣстны, нужно принять за правило, что вмѣсто того, чтобы принимать ихъ показанія, гораздо лучше прямо обратиться къ самой природѣ. Неразличимая смѣсь истины и нелѣпостей, накопленная Ф. Бекономъ въ его *Естественной исторіи*, вовсе не годится для научныхъ цѣлей. Но когда древнія показанія относятся къ такимъ прошлымъ событіямъ, какъ затмѣнія, соединенія, метеорическія явленія, землетрясенія вулканическія изверженія, измѣненія морскихъ береговъ, существованія изчезнувшихъ теперь животныхъ, переселенія народовъ, замѣчательныхъ обычаевъ и проч., то мы должны пользоваться такими показаніями, какъ бы они ни были не удовлетворительны, и только должны стараться повѣрять ихъ сравненіемъ между собою отдѣльныхъ независимыхъ показаній или преданій.

Когда нужно производить обширные ряды наблюденій, какъ напр. на астрономическихъ, метеорологическихъ или магнитныхъ обсерваторіяхъ, или при обширныхъ химическихъ и физическихъ изслѣдованіяхъ, тогда было бы хорошо, чтобы числовыя вычисленія производились особыми лицами, которыя не заинтересованы въ дѣлѣ и можетъ быть даже не знаютъ объ ожидаемыхъ результатахъ. При этомъ результатъ выводится вполнѣ безпристрастно. Было бы желательно даже, чтобы тѣ, которые исполняютъ чисто рутинную работу измѣренія и вычисленія, не были знакомы съ принципами предмета. Таблицы логариѳмовъ французскаго революціоннаго правительства были составлены шестью или восемью счетчиками, изъ которыхъ многіе были знакомы только съ ариѳметическими правилами и только работали подъ руководствомъ искусныхъ математиковъ; однако ихъ вычисленія обыкновенно оказывались болѣе вѣрными чѣмъ вычисленія людей основательно знавшихъ математику [1]). При съемкахъ въ Индіи для практическихъ измѣреній избирались люди, которые не имѣли достаточнаго искуства для того, чтобы поддѣлывать незамѣтно свои результаты.

Однако же какъ пассивное наблюденіе, такъ и экспериментированіе должно вообще вестись лицами, которые знаютъ, что имъ нужно. Только тогда, когда наблюдатель возбуждается и руководится надеждой повѣрить теорію, онъ можетъ замѣтить многіе изъ самыхъ важныхъ пунктовъ; и гдѣ работа не имѣетъ характера рутины, тамъ никакой помощникъ не можетъ замѣнить руководимаго цѣлью наблюденій естествоиспытателя. Поэтому изслѣдователь, чтобы имѣть успѣхъ, долженъ соединять въ себѣ различныя качества: онъ долженъ имѣть ясныя понятія объ ожидаемомъ имъ результатѣ и довѣріе къ истинѣ своихъ теорій и въ тоже время обладать тою искренностью и уступчивостью, которая давала бы ему возможность принимать неблагопріятные результаты и оставлять ошибочные взгляды.

---

[1] Беббеджъ, Economy of Manufactures, p. 194.

Инструментальныя и чувственныя условія наблюденія.

При каждомъ наблюденіи употребляется одно или нѣсколько чувствъ; и мы должны постоянно помнить, что размѣръ нашего знанія можетъ быть ограниченъ силами подлежащаго чувства. Что мы знаемъ о мірѣ, то составляетъ только нижнюю границу того, что еще предстоитъ узнать, и во всякомъ случаѣ процессы природы могутъ безконечно превосходить по разнообразію и сложности тѣ процессы, которые находятся въ предѣлахъ средствъ нашего наблюденія. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ заключеніе по наблюденнымъ явленіямъ можетъ непрямо давать намъ знать о существованіи того, чего мы не можемъ чувствовать прямо; но мы никогда не можемъ быть увѣрены, что мы такимъ образомъ пріобрѣтаемъ хоть какую нибудь замѣтную дробную долю того знанія, которое могло бы быть пріобрѣтено.

Существуетъ курьезная догадка, что можетъ быть пространство наполнено темными движущимися звѣздами, о существованіи которыхъ мы не могли узнать до сихъ поръ никакимъ образомъ. Планеты уже давно охладились до такой степени, что перестали быть самосвѣтящимися и очень можетъ быть, что въ такое же состояніе пришли и другія звѣздныя тѣла разной величины. Принимая въ соображеніе измѣняющіяся и потухшія звѣзды, Лапласъ пришолъ къ заключенію, что вѣроятно существуютъ темныя тѣла, столь же большія и можетъ быть столь же многочисленныя, какъ и тѣ, которыя мы видимъ [2]). Нѣкоторыя изъ этихъ темныхъ звѣздъ могутъ впослѣдствіи сдѣлаться извѣстными для насъ или посредствомъ отражоннаго свѣта или же вѣроятнѣе по тяготѣнію оказываемому ими на свѣтящіяся звѣзды. Такъ если бы одинъ членъ двойной звѣзды былъ теменъ, то мы легко могли бы открыть его существованіе и даже опредѣлить его величину, положеніе и движенія посредствомъ наблюденія всѣхъ этихъ количествъ въ его сотоварищѣ. Любимымъ мнѣніемъ Гюйгенса было, что могутъ существовать звѣзды и обширные міры, столь отдаленные, что свѣтъ отъ нихъ никогда не успѣетъ достигнуть до нашихъ глазъ. И мы должны постоянно помнить, что свѣтъ можетъ подвергаться медленному погашенію въ пространствѣ, такъ что есть нѣсколько обстоятельствъ, которыя полагаютъ абсолютную границу средствамъ телескопическихъ открытій.

Существуютъ кромѣ того естественныя границы способности нашихъ чувствъ воспринимать разнаго рода волнообразныя движенія. Обыкновенно говорится, что вибраціи, число которыхъ въ секунду превышаетъ 38,000, не слышны для уха какъ звукъ. И такъ какъ нѣкоторые люди слышатъ звуки еще болѣе высокіе, даже на двѣ октавы выше того, что могутъ слышать другіе, то очень вѣроятно, что существуютъ безпрестанныя вибраціи, которыхъ мы не можемъ называть звукомъ только потому, что они никогда не слышны. Насѣкомыя можетъ быть сообщаются между собою такими острыми звуками, составляющими языкъ, неслышный для насъ; и этимъ пожалуй можетъ быть объяснено замѣчательное видимое согласіе между массами муравьевъ и пчелъ. Мало того, Фонтенель уже давно въ своемъ научномъ романѣ высказалъ догадку, что можетъ существовать безграничное число чувствъ или способовъ воспріятія, которыхъ мы никогда и вообразить не можемъ, хотя теорія показываетъ вѣроятность того, что всякія полезныя средства для знанія въ предкѣ развились бы и усовершенствовались въ потомкахъ. Несомнѣнно, что мы могли бы имѣть чувство, которое отчетливо воспринимало бы электрическія явленія, такъ что оно сразу могло бы узнать положительное или отрицательное состояніе заряда тѣла. Отсутствіе такого чувства вѣроятно объясняется его сравнительною безполезностью.

---

[2]) *Система міра*, англійск. пер. Герта, т. II, с. 335.

Тѣже самыя соображенія примѣняются и къ тепловымъ волнообразнымъ движеніямъ. Въ настоящее время очевидно, что то, что мы называемъ свѣтомъ, есть дѣйствіе на глазъ извѣстныхъ вибрацій, изъ которыхъ менѣе быстрыя невидимы и составляютъ темные лучи лучистой теплоты, для открытія которыхъ мы вмѣсто глаза употребляемъ термометръ или термоэлектрическій столбикъ. На другомъ концѣ спектра ультрафіолетовые лучи также невидимы и мы узнаемъ объ нихъ только непрямо, по явленіямъ флуоресценціи или по фотохимическому дѣйствію. Нѣтъ основанія думать, чтобы на обоихъ концахъ спектра когда нибудь могла быть достигнута абсолютная граница.

Какъ наше знаніе звѣздной вселенной ограничено силою телескопа и другими условіями, такъ и наше знаніе о мельчайшемъ мірѣ имѣетъ свои границы въ силѣ и оптическихъ условіяхъ микроскопа. Было время, когда казалась резонной такая индукція, что растенія неподвижны и только одни животныя одарены способностью передвиженія съ мѣста на мѣсто. Поэтому показалось удивительнымъ, когда микроскопъ открылъ, что крошечныя растенія пожалуй даже еще болѣе дѣятельны, чѣмъ крошечныя животныя. Мы даже находимъ, что и минеральныя вещества повидимому не такъ бездѣйственны какъ кажется и что они находятся въ непрерывномъ движеніи, если размельчены въ достаточной степени, по крайней мѣрѣ когда они взвѣшены въ непроводящей средѣ ¹). Микроскописты встрѣчаютъ естественную границу своимъ наблюде-

---

¹) Джевонсъ, Procedings of the Literary and Phil. Soc. of Manch., 1870, v, IX p. 78.

ніямъ, когда величина изслѣдуемаго предмета равняется длинѣ свѣтовыхъ волнъ и уже испытанная трудность при опредѣленіи формъ маленькихъ значковъ на діатомовыхъ вѣроятно происходитъ отъ этой причины. По Гельмгольцу, наименьшее разстояніе, какое можетъ быть точно опредѣлено, зависитъ отъ интерференціи свѣта проходящаго черезъ центры свѣтлыхъ пространствъ. Съ теоретически совершеннымъ микроскопомъ и сухой чечевицей наименьшій видимый предметъ не можетъ быть менѣе одной 80000 части дюйма для краснаго цвѣта [1]).

Объ ошибкахъ, которыя могутъ быть при опредѣленіи количествъ посредствомъ чувствъ, я уже говорилъ; но есть еще случаи, въ которыхъ мы дѣйствительно видимъ вещи иначе, чѣмъ они есть. Струя воды кажется намъ непрерывною нитью, между тѣмъ какъ на дѣлѣ она состоитъ изъ удивительно расположеннаго ряда большихъ и малыхъ капель колеблющейся формы. Капли падаютъ такъ быстро, что впечатлѣнія ихъ на глазъ сливаются одно съ другимъ, и для того чтобы видѣть капли отдѣльно, мы должны употреблять пріемы дающіе мгновенный видъ, какъ напр. освѣщеніе электрической искрой или прибѣгать къ вращающемуся диску называемому фенакистископомъ.

Неустранимая граница для нашихъ средствъ наблюденія возникаетъ вслѣдствіе невозможности слѣдить за послѣдними атомами матеріи и отличать ихъ одни отъ другихъ. Одинъ атомъ кислорода вѣроятно неотличимъ отъ другаго атома; только взявши извѣстный объемъ кислорода заключеннаго въ тщательно закупоренной бутылкѣ, мы можемъ вѣрно признать его; если же онъ смѣшается съ другимъ кислородомъ, то мы теряемъ всякую возможность различать ихъ. Поэтому мы не имѣемъ средствъ доказать прямо, что всякій газъ находится въ постоянномъ состояніи диффузіи каждой части его во всѣхъ другихъ частяхъ. Мы можемъ только заключать объ этомъ на основаніи отношеній между различными газами, за ходомъ которыхъ мы можемъ слѣдить, и на основаніи выводовъ изъ молекулярной теоріи [2]).

Внѣшнія условія правильнаго наблюденія.

Прежде чѣмъ приступить къ выводу заключеній изъ какой нибудь серіи наблюденныхъ фактовъ, мы должны узнать въ совершенствѣ, если возможно, внѣшнія условія, при которыхъ узнаны нами эти факты. Нетолько наблюдающій умъ можетъ быть отуманенъ предзанятыми мнѣніями и чувства могутъ имѣть разные недостатки, но еще могутъ быть такія обстоятельства, отъ вліянія которыхъ одинъ родъ явленій доходитъ до нашего свѣдѣнія чаще чѣмъ другой. Сравнительное число существующихъ предметовъ разнаго рода можетъ въ какой нибудь степени разниться отъ того числа ихъ, которое доходитъ до нашего свѣдѣнія. Эту разницу нужно по возможности принимать въ соображеніе, прежде чѣмъ дѣлать какія нибудь умозаключенія.

---

[1]) Сорби, Address to the R. Microscop. Soc. въ Monthly Microscopical Journal, March 1876.

[2]) Максуэль, Theory of Heat, p. 301.

Долгое время существовала большая вѣроятность въ пользу того, что кометы движутся по элиптическимъ орбитамъ, потому что неизвѣстно было ни одной, которая двигалась бы по орбитѣ какого нибудь другого рода. Теорія тяготѣнія допускаетъ существованіе кометъ, движущихся по гиперболическимъ орбитамъ, и возникаетъ вопросъ, дѣйствительно ли они не существуютъ или же они только находятся внѣ границъ удобнаго наблюденія. На основаніи резонныхъ предположеній Лапласъ вычислилъ, что вѣроятность по крайней мѣрѣ 6000 къ 1 противъ кометы, которая вошла бы въ планетную систему настолько, чтобы быть видимой съ поверхности земли и имѣла бы орбиту, которая могла бы быть отличена отъ весьма удлиненнаго эллипсиса или параболы въ части ея орбиты, доступной нашимъ телескопамъ [1]). Словомъ, шансы весьма велики въ пользу того, что мы видимъ скорѣе эллиптическія, чѣмъ гиперболическія кометы. Взгляды Лапласа были подтверждены открытіемъ шести гиперболическихъ кометъ, которыя являлись въ 1729, 1771, 1774, 1818, 1840 и 1843 [2]), и такъ какъ извѣстно всего около 800 кометъ, то значитъ пропорція гиперболическихъ совершенно такая, какой слѣдовало ожидать.

Когда мы пытаемся опредѣлить число предметовъ, которые могутъ существовать, то должны при этомъ принимать большія поправки на ограниченную сферу нашихъ наблюденій. Въ историческія времена были видимы не болѣе 4000 или 5000 кометъ, но дѣлая поправку на отсутствіе наблюдателей въ южномъ полушаріи и на малую вѣроятность того, что мы видимъ сколько нибудь значительную дробь всего числа ихъ находящихся въ сосѣдствѣ нашей системы, мы должны принять мнѣніе Кеплера, что кометъ въ глубинахъ пространства больше, чѣмъ рыбъ въ глубинахъ океана. Если сдѣлать подобныя вычисленія относительно числа видимыхъ намъ метеоровъ, то окажется, что число метеоровъ входящихъ въ земную атмосферу въ теченіи каждыхъ сутокъ составляетъ вѣроятно не менѣе 400,000,000, изъ которыхъ 13000 существуютъ въ каждой части пространства, равнаго пространству занимаемому землей.

---

[1]) Лапласъ, Essai Philosophique, p. 59. Тотгунтеръ, History.

[2]) Чемберсъ, Astronomy, 1 ed. p. 203.

Могутъ возникать серьезныя ошибки, если не обращать вниманія на неизбѣжныя условія, при которыхъ доходятъ до нашего свѣдѣнія извѣстія о прошлыхъ событіяхъ. Такъ только прочные предметы, сдѣланные древними человѣческими племенами, каковы напр. кремневыя орудія, могли дойти до насъ при обыкновенныхъ обстоятельствахъ. Сравнительное число желѣзныхъ и бронзовыхъ орудій употреблявшихся какою нибудь древнею націею не можетъ быть опредѣлено ихъ сравнительнымъ обиліемъ въ нашихъ музеяхъ, потому что бронза гораздо прочнѣе. Существуетъ распространенное ошибочное мнѣніе, будто наши предки строили болѣе прочно чѣмъ мы, возникшее на основаніи того факта, что менѣе прочныя постройки ихъ уже давно развалились. Мы имѣемъ мало или почти вовсе не имѣемъ никакихъ остатковъ жилищъ бѣдныхъ классовъ у грековъ или римлянъ или вообще у древнихъ народовъ, потому что сохранились только храмы, гробницы, общественныя зданія и дворцы богатыхъ классовъ. Вообще громадная масса прежнихъ фактовъ по необходимости потерялась для насъ навсегда и на то, что сохранилось по свѣдѣніямъ или памятникамъ, мы должны смотрѣть какъ на нѣчто исключительное по своему характеру.

Тѣже самыя соображенія примѣняются и къ геологическимъ памятникамъ. Мы не можемъ ожидать, чтобы отъ животныхъ сохранилось что нибудь другое кромѣ костей, раковинъ, крѣпкихъ покрововъ или другихъ твердыхъ и прочныхъ частей. Всѣ инфузоріи и животныя, не имѣвшія минеральнаго скелета, вѣроятно погибли совсѣмъ и дистиллировались можетъ быть въ минеральныя масла. Было показано, что особенный характеръ какой нибудь исчезнувшей флоры могъ оказаться вслѣдствіе неодинаковой способности къ сохраненію разныхъ семействъ растеній. Однако благодаря разнымъ случайностямъ, мы видимъ иногда проблески міра, который вообще погибъ для насъ, таковы напр. насѣкомыя заключенныя въ янтарѣ, большой мамонтъ сохранившійся во льду, муміи, отпечатки въ твердомъ матеріалѣ, подобно отпечатку римскаго воина въ Помпеѣ и т. д.

Мы должны также помнить, что подобно тому какъ могутъ быть соединенія небесныхъ тѣлъ, которыя могли случиться только разъ или два въ теченіи всего историческаго періода, такъ то же самое могло быть и съ замѣчательными земными явленіями. Сильные штормы, землетрясенія, вулканическія изверженія, обвалы страны, наводненія, вторженія моря могли или лучше сказать должны были случаться въ такихъ необыкновенныхъ размѣрахъ и представлять такую крайнюю рѣдкость, что мы не можемъ ожидать увидѣть ихъ или вполнѣ понять ихъ дѣйствія. Большая выгода изученія теоріи вѣроятности, какъ замѣтилъ Лапласъ, состоитъ въ томъ, что она заставляетъ насъ не довѣрять обширности нашего знанія и обращать должное вниманіе на вѣроятность того, войдутъ ли явленія въ сферу нашихъ наблюденій.

Кажущаяся связь явленій.

Де Морганъ показалъ [1]), что возможны не менѣе четырехъ случаевъ, когда намъ можетъ казаться, что явленія связаны одно съ другимъ или слѣдуютъ другъ за другомъ, хотя на дѣлѣ этого нѣтъ. Эти случаи представляютъ интеллектуальныя, чувственныя и внѣшнія причины ошибки и я хочу кратко показать и разъяснить ихъ.

Не А служитъ причиною В, но только *наше представленіе* А служитъ причиною В. Такимъ образомъ часто достигаютъ своей цѣли пророчества, предчувствія, разные роды колдовства и заклинаній. Человѣкъ умираетъ въ тотъ день, который онъ всегда считалъ своимъ послѣднимъ днемъ и умираетъ отъ собственнаго страха передъ этимъ днемъ. Губительные чары могутъ иногда удаваться, потому что при нихъ принимаются мѣры, чтобы поразить ужасомъ намѣченную жертву и поэтому ей сообщается о грозящей ей роковой участи. Во всѣхъ такихъ случаяхъ интеллектуальное состояніе бываетъ причиною кажущагося совпаденія.

Во второмъ классѣ случаевъ явленіе А можетъ вызвать наше представленіе В, которое однако случилось бы и тогда, когда бы мы его не представляли и не ожидали. Такъ прежде считалось результатомъ изслѣдованія то, будто въ жаркое лѣто является больше кометь, чѣмъ въ холодное. При этомъ не принимался въ соображеніе тотъ фактъ, что жаркое лѣто бываетъ сравнительно менѣе облачнымъ и представляетъ больше благопріятныхъ случаевъ для открытія кометъ. Здѣсь возмущающее условіе имѣетъ чисто внѣшній характеръ. Нѣкоторые древніе философы думали, что лучи луны производятъ холодъ, принимая ошибочно холодъ производимый лучеиспусканіемъ въ пространствѣ за дѣйствіе луны, которая всего лучше бываетъ видна въ тѣ времена, когда отсутствіе облаковъ даетъ лучеиспусканію возможность дѣйствовать.

Въ третьемъ классѣ случаевъ наше представленіе А можетъ вызывать наше представленіе В. Явленіе В можетъ совершаться постоянно, но наше вниманіе можетъ обращаться на него только тогда, когда мы наблюдаемъ А. Этотъ случай можетъ быть поясненъ ошибочнымъ мнѣніемъ о вліяніи луны на облака. Происхожденіе этой ошибки довольно сложно. Прежде всего, когда небо бываетъ покрыто густыми облаками, то луны вовсе не видно; намъ нужно видѣть полную луну, для того чтобы она могла особенно сильно привлекать на себя наше вниманіе, а это случается чаще всего въ тѣ ночи, когда небо безоблачно. Кромѣ того Эллисъ остроумно показалъ [1]), что въ облакахъ замѣчается общая тенденція разсѣеваться при наступленіи ночи, слѣдовательно въ то время, когда восходитъ полная луна. Поэтому часто можетъ случаться, что измѣненіе состоянія неба и восхожденіе полной луны вмѣстѣ привлекаютъ на себя наше вниманіе, и это совпаденіе по времени возбуждаетъ въ въ насъ мысль о существованіи между ними причиннаго отношенія. Эллисъ результатами наблюденій на гринвичской обсерваторіи доказываетъ, что луна не обнаруживаетъ никакого замѣтнаго вліянія на облака, и однако же такой здравый наблюдатель какъ Гершель былъ убѣжденъ въ существованіи указанной связи между луною и облаками. Въ своихъ Results of Observations at the Cape of Good Hope [2]) онъ упоминаетъ о многихъ вечерахъ, когда полнолуніе совпадало съ особенно яснымъ небомъ.

---

[1]) Essay on Probabilities, Cabinet Cyclopaedia, p. 121.

Есть еще четвертый классъ случаевъ, въ которыхъ B есть дѣйствительно предшествующее явленіе, но наше представленіе A, которое есть послѣдствіе B, можетъ быть необходимо для того, чтобы составилось наше представленіе B. Напр. не подлежитъ сомнѣнію, что верхнія и нижнія теченія постоянно циркулируютъ въ самомъ нижнемъ слоѣ атмосферы въ теченіи дня; но вслѣдствіе прозрачности атмосферы мы не имѣли бы никакихъ доказательствъ ихъ существованія, еслибы не видѣли кучевыхъ облаковъ, которыя суть слѣдствіе такихъ теченій. Подобнымъ же образомъ взаимное проницаніе массъ воздуха въ верхнихъ слояхъ атмосферы вѣроятно дѣйствуетъ почти постоянно; но еслибы нити перистыхъ облаковъ не указывали намъ на эти движенія, то мы и не знали бы объ ихъ существованіи [3]). Самые верхніе слои атмосферы совершенно незамѣтны для насъ, за исключеніемъ тѣхъ случаевъ, когда они дѣлаются свѣтящимися вслѣдствіе электрическихъ токовъ сѣвернаго сіянія или прохожденія метеорическихъ камней. Многія изъ видимыхъ явленій представляемыхъ кометами вѣроятно происходятъ отъ какого-нибудь вещества, которое сначала бываетъ невидимо, но потомъ внезапно сгущается и электризуется и является въ видимой формѣ. Д. Гершель пытался объяснить образованіе хвостовъ кометъ такимъ способомъ посредствомъ испаренія и сгущенія [1]).

---

[1]) Phil. Mag. 4 ser. 1867. v. XXXIV. p. 64.

[2]) См. Notes to Measures of Double Stars 1204, 1336, 1477, 1686, 1786, 1816, 1835, 1929, 2081, 2186, p. 265 etc. См. также Гершеля, Familiar Lectures on Scientific Subjects, p. 147 и Outlines of Astronomy, 7 ed. p. 285.

[3]) Джевонсъ, On the Cirrous Form of Cloud, Phil. Mag. Iuly, 1857, 4 ed. p. 358.

Не-наблюденіе какъ отрицательное доказательство.

Изъ того, что было сказано въ предшествующихъ параграфахъ, ясно видно, что не-наблюденіе явленія не всегда можетъ быть доказательствомъ того, что оно не случается. Такъ какъ есть звуки, которыхъ мы не можемъ слышать, лучи теплоты, которыхъ мы не можемъ чувствовать, множество міровъ, которыхъ мы не можемъ видѣть, и миріады крошечныхъ организмовъ, которыхъ не можетъ показать намъ самый сильный микроскопъ, то мы должны какъ общее правило толковать нашъ опытъ только въ утвердительномъ смыслѣ. И дѣйствительно заключенія выведенныя изъ того, что нѣкоторые частные факты или явленія не были наблюдаемы, при болѣе обширномъ и тщательномъ изслѣдованіи оказывались ложными. Не много лѣтъ прошло съ тѣхъ поръ, какъ въ геологіи считалось основательнымъ заключеніе, что остатковъ человѣка нѣтъ нигдѣ вмѣстѣ съ остатками вымершихъ животныхъ въ какихъ-нибудь образованіяхъ древнѣе современныхъ. Даже Беббеджъ принималъ это заключеніе и считалъ его подтвержденіемъ Моисеевыхъ сказаній [2]). Въ то время, когда это мнѣніе было общепринятымъ, были уже находимы кремневыя орудія, опровергавшія такое заключеніе, и затѣмъ стали появляться очевидныя доказательства глубокой древности существованія человѣка. Въ концѣ прошлаго столѣтія, когда Гершель изслѣдовалъ небо своими могучими телескопами, казалось мало вѣроятнымъ, чтобы оставались еще неоткрытыми планеты внутри орбиты Юпитера. Но въ первый же день нынѣшняго столѣтія такое мнѣніе было опровергнуто открытіемъ Цереры, и затѣмъ съ тѣхъ поръ прибавилось болѣе сотни малыхъ планетъ къ списку планетной системы.

Открытіе Eozoon Canadense въ самыхъ древнихъ пластахъ, которые до тѣхъ поръ считались несодержащими органическихъ остатковъ, поколебало неосновательныя мнѣнія относительно происхожденія органическихъ формъ; и экспедиціи для изслѣдованія дна океана подъ начальствомъ Карпентера и Уивилля Томсона измѣнили нѣкоторыя мнѣнія геологовъ, такъ какъ они доказали, что и теперь еще продолжаютъ существовать формы уже давно считавшіяся вымершими. Эти и многіе другіе случаи, которые можно было бы привести, указываютъ на крайнюю ненадежность отрицательныхъ индукцій.

---

[1]) Astronomy, 4 ed. p. 358.

[2]) Беббеджъ, Ninth Bridgewater Treatise, p. 67.

Но съ другой стороны не слѣдуетъ думать, будто отрицательные аргументы не имѣютъ никакой силы и цѣны. Поверхность земли достаточно изслѣдована для того, чтобы считать въ высшей степени невѣроятнымъ, что остаются еще не открытыми животныя величиною съ верблюда. Извѣстно, что не было открыто ни одного большаго животнаго въ теченіи послѣднихъ 18 или 20 столѣтій ¹); и вѣроятность того, что еслибы оно существовало, то было бы гдѣ-нибудь встрѣчено, увеличиваетъ вѣроятность того, что такія животныя не существуютъ. Но уже съ меньшею увѣренностью мы можемъ сомнѣваться въ существованіи кокой-нибудь большой неизвѣстной рыбы или вообще морскихъ животныхъ, вродѣ предполагаемой морской змѣи. Но когда мы спустимся къ формамъ малой величины, то отрицательное доказательство теряетъ свой вѣсъ вслѣдствіе меньшей вѣроятности увидѣть мелкіе предметы. Даже сильная индукція въ пользу раздѣленія животнаго царства на четыре отдѣла, позвоночныхъ, кольчатыхъ или суставчатыхъ, моллюсковъ и безкишечныхъ можетъ рушиться вслѣдствіе открытія промежуточныхъ или аномальныхъ формъ. По мѣрѣ того какъ распространяется цивилизація по земной поверхности и постепенно уменьшаются остающіяся неизслѣдованными пространства, сила отрицательныхъ доказательствъ увеличивается; но намъ остается еще много узнать относительно глубинъ океана, почти совершенно неизслѣдованныхъ и составляющихъ три четверти земной поверхности.

Въ геологіи есть много положеній, которыя имѣютъ значительную вѣроятность вслѣдствіе обширности уже произведенныхъ изслѣдованій, какъ напр. то, что настоящій каменный уголь находится только среди породъ опредѣленной геологической эпохи, что золото встрѣчается въ пластахъ вторичныхъ и третичныхъ формацій только въ очень небольшихъ количествахъ ²) и происходитъ здѣсь вѣроятно отъ разрушенія болѣе древнихъ породъ. Въ естественной исторіи отрицательныя заключенія крайне ненадежны и неудовлетворительны. При самомъ крайнемъ терпѣніи микроскопистъ или вообще наблюдатель какого-нибудь живаго существа не въ состояніи слѣдить за его состояніемъ и отношеніями при всѣхъ обстоятельствахъ непрерывно въ теченіи долгаго времени. Поэтому всегда есть шансы того, что какой-нибудь критическій актъ или измѣненіе совершится тогда, когда глаза наблюдателя обратятся куда-нибудь въ сторону. Это непремѣнно и случается иногда; такъ напр. хотя оплодотвореніе орхидныхъ при содѣйствіи насѣкомыхъ доказано, также какъ и всякій другой фактъ въ естественной исторіи, однако Дарвинъ при самыхъ

---

¹) Кювье, *Опытъ о теоріи земли*, англійск. пер. p. 61 и пр.

²) Мурчисонъ, Siluria, 1 ed. p. 432.

тщательныхъ наблюденіяхъ ни разу не видѣлъ насѣкомаго во время самаго совершенія операціи. Самъ Дарвинъ принялъ одно заключеніе на основаніи отрицательнаго доказательства, именно то, что Orchis pyramidalis и нѣкоторыя другія орхидныя имѣютъ цвѣтки невыдѣляющіе нектара. Но его осторожность и неистощимое терпѣніе при повѣркѣ заключенія служатъ поучительнымъ урокомъ для всякаго наблюдателя. Втеченіи 23 дней сряду, какъ онъ разсказываетъ, онъ изслѣдовалъ цвѣтки при всѣхъ состояніяхъ погоды, во всякіе часы и въ разныхъ мѣстностяхъ. Такъ какъ въ другихъ цвѣткахъ выдѣленіе происходитъ быстро и можетъ случиться самымъ раннимъ утромъ, то это неудобное время и было выбрано для наблюденія. Цвѣтки разнаго возраста были подвергаемы раздражающимъ парамъ, влажности и всякимъ другимъ вліяніямъ, способнымъ вызвать отдѣленіе; и когда уже всѣ эти мѣры оказались безуспѣшными, тогда только признана была доказанною безплодность нектарій [1]).

Для того, чтобы отрицательный аргументъ основанный на не-наблюденіи предмета имѣлъ сколько нибудь значительную силу, нужно показать вѣроятность того, что если бы предметъ существовалъ, то онъ былъ бы замѣченъ и наблюдаемъ; и эта вѣроятность опредѣляетъ цѣну отрицательнаго заключенія. То обстоятельство, что астрономамъ не удалось увидѣть планету Вулканъ, которая по предположенію нѣкоторыхъ должна существовать внутри орбиты Меркурія, есть еще недостаточное доказательство ея несуществованія. Подобнымъ же образомъ было бы трудно или даже невозможно отвергать существованіе втораго спутника небольшой величины обращающагося вокругъ земли. Но когда кто нибудь высказываетъ опредѣленное положеніе и указываетъ время и мѣсто, тогда наблюденіе должно или доказать или отвергнуть заявляемый фактъ. Если французскій астрономъ видѣлъ планету на солнечномъ дискѣ, какъ онъ увѣряетъ, а другой наблюдатель тщательно осматривавшій солнце въ Бразиліи не видѣлъ ея, то въ этомъ мы имѣемъ отрицательное доказательство. Справедливо говорятъ, что ложные факты въ наукѣ гораздо вреднѣе чѣмъ ложныя теоріи. Ложная теорія открыта для критики каждаго и можетъ быть повѣряема своимъ согласіемъ съ фактами. Но ложное или грубо ошибочное сообщеніе о фактѣ долгое время затрудняетъ путь науки, потому что бываетъ трудно или даже невозможно доказать ложность того, что было сообщено какъ наблюденный фактъ.

Въ другихъ наукахъ сила отрицательнаго аргумента часто зависитъ отъ числа возможныхъ альтернативъ, которыя могутъ существовать. Давно думали, что качество музыкальнаго звука, независимое отъ его высоты, должно зависѣть отъ формы волнообразнаго движенія, потому что никто никогда не указывалъ да и нельзя было указать никакой другой причины. Истина этого заключенія была доказана Гельмгольцомъ, который примѣнялъ микроскопъ къ свѣтящимся точкамъ прикрѣпленнымъ къ струнамъ разныхъ инструментовъ и такимъ образомъ дѣйствительно увидѣлъ различные виды волнообразнаго движенія. Въ математикѣ отрицательные и индуктивные аргументы рѣдко имѣютъ много силы, потому что возможныя формы выраженія или возможныя комбинаціи линій и круговъ въ геометріи безграничны по числу. Было сдѣлано громадное число попытокъ раздѣлить уголъ на три части обыкновенными способами геометріи Эвклида, но ихъ неизмѣнная неудача еще не доказываетъ невозможности этого дѣла. Это было доказано совершенно инымъ способомъ, именно тѣмъ, что задача содержитъ въ себѣ неприводимое уравненіе третьей степени, для котораго не можетъ быть соотвѣтствующаго рѣшенія въ плоской геометріи [1]. Это есть случай доведенія до нелѣпости (reductio ad absurdum), форма аргумента совершенно иного характера. Подобнымъ же образомъ никакое число неудачъ полученія общаго рѣшенія уравненій пятой степени не доказало бы невозможности этого дѣла; но эта невозможность считается доказанною непрямымъ способомъ, одинаковымъ съ доведеніемъ до нелѣпости [2].

---

[1]) Дарвинъ, Fertilisation of Orchids, p. 48.

---

[1] Пикокъ, Algebre, v. II. p. 344.

[2] Ibid. 359. p. Серре, Algèbre Supérieure, 2 ed. p. 304.

ГЛАВА XIX.

ОПЫТЪ (ЭКСПЕРИМЕНТЪ).

Мы можемъ теперь разсмотрѣть большія выгоды, которыми мы пользуемся при изслѣдованіи комбинацій явленій, когда вещи доступны намъ и мы можемъ экспериментировать надъ ними. Мы производимъ опытъ, когда соединяемъ вмѣстѣ вещества при различныхъ условіяхъ температуры, давленія, электрическаго возмущенія, химическаго дѣйствія и проч. и затѣмъ замѣчаемъ происходящія при этомъ измѣненія. Наша цѣль при индуктивномъ изслѣдованіи состоитъ въ томъ, чтобы точно узнать группу обстоятельствъ или условій, за которыми, когда они являются, послѣдуетъ другая группа явленій. Если мы обозначимъ А предшествующую группу, а X слѣдующія за нею явленія, то наша цѣль обыкновенно открыть законъ формы А=АХ, смыслъ котораго тотъ, что гдѣ есть А, тамъ случится и X.

Обстоятельства, которыя могутъ входить въ самый простой опытъ, весьма многочисленны и на дѣлѣ почти безчисленны. Потрите двѣ палки одна о другую и посмотрите, какой здѣсь можетъ быть длинный рядъ всякихъ условій. Эти условія суть слѣдующія: форма, твердость, органическое строеніе и всѣ химическія качества дерева; давленіе и скорость тренія, температура, давленіе и химическія качества окружающаго воздуха; близость земли съ ея притягательною и электрическою силою; температура и другія свойства лицъ, производящихъ треніе; лучеиспусканіе отъ солнца въ небо и отъ неба; возможное электрическое возбужденіе въ висящемъ сверху облакѣ; даже можетъ быть упомянуто положеніе небесныхъ тѣлъ. Было бы ненадежно на апріорныхъ основаніяхъ предполагать, что какое нибудь изъ этихъ обстоятельствъ не имѣетъ никакого вліянія на изслѣдуемое явленіе, и только посредствомъ опыта мы можемъ выдѣлить тѣ точныя условія, отъ которыхъ происходитъ наблюдаемая при треніи теплота.

Обширный методъ эксперимента состоитъ въ томъ, чтобы попеременно устранять каждое изъ тѣхъ условій, о которыхъ можно думать, что они имѣютъ вліяніе на результатъ. Наша цѣль въ опытѣ тренія палокъ открыть точныя обстоятельства, при которыхъ появляется теплота. Можетъ быть при этомъ имѣетъ значеніе присутствіе воздуха; поэтому нужно устроить безвоздушное пространство и тереть палки во всѣхъ отношеніяхъ также какъ прежде, за исключеніемъ только того, что треніе совершается въ безвоздушномъ пространствѣ. Если теплота всетаки появляется, то мы можемъ сказать, что въ присутствіи другихъ обстоятельствъ воздухъ не есть требуемое условіе. Такимъ условіемъ можетъ быть проведеніе теплоты отъ сосѣднихъ тѣлъ. Чтобы устранить его, нужно всѣ окружающія тѣла сдѣлать холодными какъ ледъ, что и сдѣлалъ Деви, производя треніе двухъ кусковъ льда одинъ о другой. Если теплота всетаки является, то мы должны выдѣлить еще другое условіе и продолжать такъ до тѣхъ поръ, пока не станетъ очевиднымъ, что трата живой силы при треніи двухъ тѣлъ есть единственное условіе развитія теплоты.

Большая трудность при опытѣ возникаетъ вслѣдствіе того, что мы не должны предполагать, будто условія вполнѣ независимы одно отъ другого. До опыта мы не имѣемъ права сказать, что треніе двухъ палокъ произвело бы теплоту при отсутствіи воздуха совершенно также какъ прежде. Можетъ быть въ присутствіи воздуха теплота развивается такъ, а при отсутствіи иначе. Изслѣдованіе развѣтвляется на двѣ линіи и мы должны узнать, дѣйствительно ли прекращеніе доступа теплоты черезъ проводимость не останавливаетъ развитія теплоты отъ тренія въ обоихъ случаяхъ, т. е. въ присутствіи и отсутствіи воздуха. То же самое развѣтвленіе изслѣдованія дѣлается и относительно каждаго обстоятельства, входящаго въ опытъ.

Если есть только четыре обстоятельства, A, B, C, D, то мы должны испробовать не только комбинаціи ABCD, ABCd, ABcD, AbCD, aBCD, но пройти черезъ всю серію комбинацій, данную въ пятомъ столбцѣ логическаго алфавита. Вліяніе отсутствія каждаго условія должно быть испробовано какъ въ присутствіи, такъ и въ отсутствіи всякаго другого условія и всякаго выбора этихъ условій. Словомъ совершенный и исчерпывающій опытъ состоялъ бы въ изслѣдованіи естественныхъ явленій во всѣхъ ихъ возможныхъ комбинаціяхъ и констатированіи всѣхъ отношеній между условіями и результатами, оказывающимися возможными. Это было бы похоже на исключеніе противорѣчащихъ комбинацій по непрямому методу умозаключенія, съ тою только разницею, что здѣсь исключеніе основывается не на данныхъ логическихъ посылкахъ, но на апостеріорныхъ результатахъ дѣйствительнаго опыта.

Читатель однако увидитъ, что такое исчерпывающее изслѣдованіе практически невозможно, потому что число нужныхъ опытовъ было бы громадно. Четыре условія требовали бы 16 опытовъ; при 12 условіяхъ требовалось бы 4096 и числа возрастаютъ какъ степени *двухъ*. Поэтому экспериментаторъ долженъ полагаться на свой собственный тактъ и опытность при выборѣ тѣхъ экспериментовъ, которые вѣрнѣе всего дали бы ему рѣшающіе факты. Но въ этомъ пунктѣ логическія правила и формы не могутъ оказать помощи. Логическое правило говоритъ: пробуй всевозможныя комбинаціи; но если это на практикѣ неисполнимо, то экспериментаторъ по необходимости оставляетъ строго логическій методъ и полагается на свою собственную осмотрительность. Аналогія, какъ мы увидимъ, оказываетъ нѣкоторую помощь, и вниманіе должно быть сосредоточено на тѣхъ условіяхъ, которыя оказывались важными въ подобныхъ случаяхъ. Но здѣсь мы уже находимся вполнѣ въ области вѣроятности и экспериментаторъ, довѣрчиво слѣдуя тому, что онъ считаетъ своею руководящею нитью, часто можетъ не замѣтить одного изъ важныхъ условій. Поучительнымъ урокомъ служитъ напр. то, что Ньютонъ, производя свои тщательныя изслѣдованія надъ спектромъ, и не подозрѣвалъ того, что если бы онъ уменьшилъ отверстіе въ ставнѣ до узкой цѣли, то могъ бы уловить всѣ тайны свѣтлыхъ и темныхъ линій, если только конечно его призмы были достаточно хороши для того, чтобы отчетливо представлять лучи. Подобнымъ же образомъ мы можемъ не знать, что какое нибудь легкое измѣненіе въ самыхъ обыкновенныхъ опытахъ могло бы открыть намъ путь къ новому открытію.

Такимъ образомъ практическія трудности затрудняютъ успѣхи естествоиспытателя. Часто бываетъ невозможно измѣнить одно условіе, не измѣняя въ тоже время и другихъ и тогда мы не можемъ получить уединеннаго безпримѣснаго дѣйствія разсматриваемаго условія. Нѣкоторыя условія абсолютно не могутъ допускать измѣненія; другія могутъ быть устранимы съ большимъ трудомъ и только до извѣстной степени. Самый предательскій источникъ ошибки есть существованіе неизвѣстныхъ условій, которыхъ мы поэтому не можемъ устранить, развѣ только какъ нибудь случайно. Эти трудности мы кратко разсмотримъ далѣе.

Интересно видѣть, какъ измѣненіе одного только обстоятельства иногда рѣшительно объясняетъ явленіе. Примѣръ этого представляютъ изслѣдованія Фаредея надъ движеніями плауннаго сѣмени, разсыпаннаго по вибрирующей пластинкѣ. Было замѣчено, что оно скучивается въ точкахъ наибольшаго движенія, между тѣмъ какъ песокъ и всѣ тяжолыя частички собирались на узлахъ, гдѣ наименьшее движеніе. По счастью Фаредею пришло въ голову произвести опытъ подъ колоколомъ воздушнаго насоса, выкачавши изъ него воздухъ, и тогда оказалось, что легкій порошокъ обнаруживаетъ совершенно такія же явленія и движенія какъ тяжолый. Такимъ образомъ получено было рѣшительное доказательство того, что присутствіе воздуха составляло важное условіе, безъ сомнѣнія тѣмъ, что отъ вибрацій пластинки онъ приходилъ въ вихреобразное движеніе и увлекалъ плаунное сѣмя къ точкамъ наибольшаго движенія. Песокъ слишкомъ тяжолъ для того, чтобы воздухъ могъ увлечь его.

Исключеніе безразличныхъ обстоятельствъ.

Изъ сказаннаго уже видно, что открытіе и исключеніе безразличныхъ обстоятельствъ есть важное дѣло, потому что оно даетъ возможность сосредоточить вниманіе на обстоятельствахъ, которыя заключаютъ въ себѣ главное условіе. Можно привести много прекрасныхъ примѣровъ того, какъ относительно всѣхъ повидимому самыхъ очевидныхъ условій явленія оказывалось, что они не принимаютъ никакого участія въ произведеніи явленія. Иной можетъ предположить, что особенные цвѣта перламутра происходятъ отъ химическихъ качествъ этого вещества. И дѣйствительно много было потрачено труда на изслѣдованіе этого предположенія посредствомъ сравненія химическихъ свойствъ иризирующихъ веществъ. Но Брьюстеръ случайно получилъ отпечатокъ куска перламутра въ цементѣ изъ смолы и воска и увидѣлъ, что цвѣта играютъ и на поверхности воска и затѣмъ дѣлая отпечатки на бальзамѣ, свинцѣ, гумиарабикѣ, рыбьемъ клеѣ и проч., онъ всегда получалъ такую же радужную игру цвѣтовъ. Этимъ онъ доказалъ, что химическая природа вещества есть дѣло безразличное, но что главное условіе такихъ цвѣтовъ есть форма поверхности [1]. Почти тоже самое можно сказать о цвѣтахъ представляемыхъ тонкими пластинками и листочками.

Цвѣтныя кольца и линіи бываютъ почти совершенно одинаковы, какова бы ни была природа вещества; даже пустое пространство, напр. трещина въ стеклѣ, дала бы эти же явленія, даже если бы находилась въ безвоздушномъ пространствѣ. Условія необходимыя для этого — просто существованіе двухъ отражающихъ поверхностей, раздѣленныхъ весьма малымъ пространствомъ, хотя нужно прибавить, что показатель преломленія дѣйствующаго вещества имѣетъ нѣкоторое вліяніе на качество производимаго цвѣта.

Когда лучъ свѣта проходитъ близко края непрозрачнаго тѣла, то часть свѣта огибаетъ его, уклоннясь въ сторону и производитъ внутри его тѣни цвѣтныя каймы. Ньютонъ приписывалъ это уклоненіе свѣта притяженію, которое оказываетъ непрозрачное тѣло на предполагавшіяся имъ частички свѣта, хотя онъ и зналъ, что природа окружающей среды, будетъ ли это воздухъ или другое прозрачное вещество, не обнаруживаетъ замѣтнаго вліянія на явленіе. Однако Гравезандъ доказалъ, что характеръ каймы остается совершенно одинаковымъ, будетъ ли тѣло плотнымъ или рѣдкимъ, сложнымъ или простымъ. Проволока производитъ совершенно такія же каймы какъ и волосъ одинаковой толщины. Впослѣдствіи Френель показалъ, что форма задерживающаго свѣтъ угла безразлична, и спектры интерференціи или спектры видимые тогда, когда свѣтъ проходитъ черезъ тонкую сѣтку, бываютъ совершенно одинаковы, какова бы ни была форма или химическая природа нитей, изъ которыхъ сдѣланы сѣтки. Такимъ образомъ задержка части свѣтоваго луча есть единственное необходимое условіе диффракціи или уклоненія свѣта, и это явленіе такимъ образомъ оказывается не имѣющимъ никакой аналогіи съ преломленіемъ свѣта, въ которой главную роль играетъ форма и природа вещества.

---

[1] Брьюстеръ, Treatise on Optics, Cab. Cyclop. p. 117.

Интересно наблюдать, какъ Ньютонъ въ своихъ изслѣдованіяхъ о спектрѣ старался посредствомъ особыхъ испытаній убѣдиться въ безразличіи многихъ обстоятельствъ. Онъ говоритъ: «Различная величина отверстія въ ставнѣ окна, различная толщина призмы, черезъ которую проходили лучи, и различное наклоненіе призмы къ горизонту не производили никакихъ замѣтныхъ измѣненій въ длинѣ изображенія. Не дѣлаетъ разницы и различный матеріалъ, изъ котораго сдѣлана призма; потому что если изъ полированныхъ и склееныхъ стеклянныхъ пластинокъ сдѣлать сосудъ въ формѣ призмы и наполнить его водою, то опытъ одинаково удается, смотря по количеству преломленія [1].» Однако въ этомъ послѣднемъ случаѣ Ньютонъ, какъ мы увидимъ далѣе, принималъ безразличіе, котораго на дѣлѣ не было, и впалъ въ прискорбную ошибку.

Въ акустикѣ доказано, что высота звука зависитъ только отъ числа колебаній въ секунду, а матеріалъ производящій колебанія есть дѣло безразличное. Какую бы жидкость мы ни вдували въ сирену, газообразную или капельно-жидкую, воздухъ или воду, производимый звукъ будетъ одинаковъ; матеріалъ, изъ котораго сдѣлана органная трубка, также не имѣетъ вліянія на высоту ея звука. Въ наукѣ о статическомъ электричествѣ установленъ важный принципъ, что природа внутреннихъ частей проводящаго тѣла не имѣетъ значенія. Электрическое заряженіе ограничивается только поверхностью, а внутреннія части остаются въ нейтральномъ состояніи. Пустой мѣдный шаръ принимаетъ совершенно такое же заряженіе, какъ и сплошной шаръ изъ того же металла.

Нѣкоторые изъ самыхъ изящныхъ и удачныхъ изслѣдованій Фаредея были направлены къ исключенію условій, которыя прежніе экспериментаторы считали существенными для произведенія электрическихъ явленій. Деви утверждалъ, что ни одна изъ извѣстныхъ жидкостей, за исключеніемъ содержащихъ воду, не можетъ быть употреблена какъ среда соединяющая полюсы баттареи; и нѣкоторые химики думали, что вода была существеннымъ агентомъ при электро-химическимъ разложеніяхъ. Но Фаредей произвелъ достаточно опытовъ показывающихъ, что и другія жидкости допускаютъ электролизъ и приписывалъ это ошибочное мнѣніе тому, что вода почти всегда употребляется какъ растворитель и что она находится въ весьма многихъ естественныхъ тѣлахъ [1]). И дѣйствительно это мнѣніе основывалось на самомъ слабомъ родѣ отрицательнаго доказательства.

---

[1] Opticks, 3 ed. p. 25.

Многіе экспериментаторы приписывали особенную способность полюсамъ баттареи, сравнивая ихъ съ магнитами, которые вслѣдствіе своей притягательной способности разрываютъ элементы вещества. Рядомъ прекрасныхъ опытовъ Фаредей рѣшительно доказалъ [2]), что напротивъ вещество полюсовъ не имѣетъ значенія, такъ какъ оно служитъ проводникомъ, по которому электрическая сила достигаетъ жидкости, на которую она дѣйствуетъ. Полюсы изъ воды, древеснаго угля и многихъ разныхъ веществъ, даже изъ воздуха даютъ одинаковые результаты; если бы химическая природа полюса имѣла вліяніе на явленіе, то это было бы возмущающее дѣйствіе.

Существенную часть теоріи тяготѣнія составляетъ то, что близость другихъ притягивающихъ частичекъ не оказываетъ никакого дѣйствія на притяженіе существующее между какими нибудь двумя частичками. Два фунта вѣсятъ вмѣстѣ столько же, сколько вѣсятъ и отдѣльно. Каждая пара частицъ въ мірѣ какъ бы имѣетъ частное сообщеніе между собою, независимо отъ ихъ отношеній ко всѣмъ другимъ частичкамъ. Другой несомнѣнный результатъ опыта указанный Ньютономъ [3]) состоитъ въ томъ, что вѣсъ тѣла нисколько не зависитъ отъ формы тѣла и отъ его сложенія. Къ этому можно еще прибавить, что температура, электрическое состояніе, давленіе, состояніе движенія, химическія качества, всѣ другія состоянія матеріи, исключая ея массы, совершенно безразличны относительно того, что касается ея тяготѣющей способности.

По мѣрѣ того какъ развивается наука, естествоиспытатели пріобрѣтаютъ смѣтливость и тактъ въ сужденіи о томъ, какія качества вещества могутъ имѣть вліяніе въ какомъ нибудь классѣ явленій. Физическій астрономъ разсматриваетъ матерію съ одной точки зрѣнія, химикъ съ другой и занимающіеся оптикой, акустикой, механикой, электричествомъ и проч. подѣлили между собою различныя качества матеріи. Но могутъ возникать большія ошибки, если слишкомъ полагаться на эту независимость различныхъ родовъ явленій, такъ что было бы желательно, чтобы по временамъ, особенно тогда, когда оказываются необъяснимыя противорѣчія, возбуждался вопросъ о безразличіи, которое предполагается существующимъ, и надлежащими опытами удостовѣряться въ его дѣйствительномъ существованіи.

---

[1]) Experimental Researches in Electricity, v. I. p. 133, 134.

[2]) Ibid. v. I. p. 127, 162 etc.

[3]) Principia, кн. III. Пол. VI. Выв. I.

Упрощеніе опытовъ.

Одна изъ самыхъ необходимыхъ предосторожностей при экспериментахъ состоитъ въ томъ, чтобы каждый разъ измѣнять только одно обстоятельство, оставляя всѣ другія обстоятельства строго неизмѣнными. Есть два различныхъ основанія въ пользу этого правила, изъ которыхъ самое первое и очевидное то, что если мы станемъ измѣнять разомъ два условія и получимъ какое-нибудь дѣйствіе, то мы не можемъ сказать, принадлежитъ ли это дѣйствіе тому или другому изъ условій или обоимъ вмѣстѣ. Второе основаніе есть то, что если не произойдетъ никакого дѣйствія, то мы не можемъ съ увѣренностью заключить, что какое нибудь изъ нихъ безразлично; потому что одно изъ нихъ можетъ нейтрализовать дѣйствіе другаго. Въ нашей символической логикѣ было доказано, что AB ·|· Ab тожественно съ A (стр. 97), такъ что B обозначаетъ обстоятельство, присутстніе или отсутствіе котораго безразлично. Но если B всегда идетъ вмѣстѣ съ предшествующимъ ему C, то мы не можемъ доказать такого же безразличія, потому что ABC ·|· Abc не тожественно съ A и никакими нашими логическими способами мы не можемъ свести его къ A.

Если намъ нужно доказать, что кислородъ необходммъ для жизни, то мы не должны помѣщать кролика въ сосудъ, изъ котораго кислородъ поглощенъ горящей свѣчкой. Въ такомъ случаѣ мы имѣли бы не только отсутствіе кислорода, но еще кромѣ того присутствіе угольной кислоты, которая можетъ быть разрушительнымъ дѣятелемъ. По такому же основанію Лавуазье избѣгалъ употребленія атмосфернаго воздуха въ опытахъ надъ горѣніемъ, потому что воздухъ не есть простое вещество и присутствіе азота можетъ препятствовать дѣйствію кислорода или измѣнять его. Лавуазье говоритъ: «при производствѣ опытовъ необходимый принципъ, отъ котораго никогда не должно уклоняться, тотъ, чтобы сколько возможно упрощать ихъ и тщательно устранять всякое обстоятельство, способное усложнить результаты опыта» [1]). И Кювье говорилъ, что методъ физическаго изслѣдованія состоитъ въ томъ, чтобы изолировать тѣла, доводить ихъ до крайней простоты и приводить въ дѣйствіе отдѣльно каждое изъ ихъ свойствъ или умственно или посредствомъ опыта.

Электро-магнитъ оказалъ большую услугу при изслѣдованіи магнитныхъ свойствъ матеріи тѣмъ, что далъ возможность производить и останавливать самую напряженную магнитную силу, не измѣняя никакой другой части въ расположеніи опыта. Многіе изъ самыхъ драгоцѣнныхъ опытовъ Фаредея были бы невозможны, если бы ему нужно было употреблять большіе постоянные магниты, которыхъ нельзя было быстро двигать, не сотрясая аппарата, не возмущая воздуха и не возбуждая токовъ посредствомъ измѣненія температуры и проч. Электро-магнитъ совершенно въ нашей власти и его вліяніе можетъ быть пущено въ дѣйствіе, направлено обратно или остановлено однимъ прикосновеніемъ къ кнопкѣ. Такъ Фаредей имѣлъ возможность доказать вращеніе плоскости круговой поляризаціи свѣта тѣмъ фактомъ, что извѣстнаго рода свѣтъ перестаетъ быть видимымъ, когда прерванъ электрическій токъ магнита, и снова является, когда токъ пущенъ. «Это явленіе, говоритъ онъ, можно было получить и въ обратномъ видѣ по желанію, во всякое время и при всякомъ случаѣ, что указываетъ на совершенную зависимость между причиною и дѣйствіемъ» [2]).

Тотъ фактъ, что Ньютону не пришло въ голову получить солнечный спектръ при самыхъ простѣйшихъ условіяхъ, помѣшалъ ему открыть темныя линіи. Употребляя широкій лучъ свѣта, проходившій черезъ круглое отверстіе или черезъ треугольную щель, онъ получалъ блестящій спектръ, но только въ немъ многіе различные цвѣтные лучи ложились другъ на друга. Въ недавнее время при спектроскопическихъ изслѣдованіяхъ главная трудность состояла въ томъ, что почти всегда являлась смѣсь линій многихъ различныхъ веществъ, которая обыкновенно давалась свѣтомъ всякаго пламени или искры. Рѣдко удается получить свѣтъ какого нибудь элемента въ совершенно безпримѣсномъ видѣ. Ангстремъ значительно подвинулъ впередъ эту отрасль науки, подвергая изслѣдованію свѣтъ электрической искры, получающейся между полюсами изъ разныхъ металловъ и въ присутствіи различныхъ газовъ. Измѣняя только одни полюсы или только одну газообразную среду, онъ могъ точно отличить линіи, принадлежащія металламъ, отъ линій, принадлежащихъ окружающему газу [3]).

---

[1]) Лавуазье, *Химія,* англ. пер. Керра, с. 103.

[2]) Experim. Resear. in Electricity, v. III, p. 4.

[3]) Phil. Mag. 4 ser. v. IX, p. 327.

Невозможность упрощенія опытовъ.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, кажется, невозможно осуществить правила измѣненія въ одинъ разъ только одного обстоятельства. Когда мы пытаемся получить два вида или двѣ формы опыта, при которыхъ одно какое нибудь обстоятельство присутствуетъ въ одномъ случаѣ и отсутствуетъ въ другомъ, то можетъ оказаться, что это обстоятельство передаетъ послѣ себя возмущающее дѣйствіе другимъ. Извѣстенъ опытъ Б. Франклина надъ сравнительной поглощающей способностью различныхъ цвѣтовъ. «Я взялъ, разсказываетъ онъ, нѣсколько небольшихъ четвероугольныхъ кусковъ разнаго цвѣта толстаго сукна изъ собранія образчиковъ у портнаго. Они имѣли цвѣта: черный, темносиній, зеленый, свѣтло-синій, пурпуровый, красный, жолтый, бѣлый и другіе цвѣта и оттѣнки. Я положилъ ихъ въ ясное солнечное утро на снѣгъ. Черезъ нѣсколько часовъ черный кусокъ, сильнѣе всѣхъ нагрѣвшійся отъ солнца, опустился въ снѣгъ такъ низко, что на него уже не могли падать солнечные лучи; темно-синій былъ почти также низко; но свѣтло-синій опустился не такъ низко, какъ темносиній, и другіе цвѣта опустились тѣмъ меньше, чѣмъ они были свѣтлѣе. Бѣлый остался на поверхности снѣга и не опустился вовсе». Это весьма изящный и повидимому простой опытъ; но когда Лесли закончилъ рядъ своихъ изслѣдованій надъ природою теплоты, то пришелъ къ заключенію, что цвѣтъ поверхности имѣетъ мало вліянія на лучеиспускающую способность, такъ что механическія свойства поверхности имѣли больше вліянія. Онъ замѣчаетъ, что «вопросъ не можетъ быть рѣшенъ положительно, такъ какъ веществу нельзя придать различнаго цвѣта, не измѣняя въ то же время его внутренней структуры» [1]. Новѣйшія изслѣдованія показали, что предметъ этотъ представляетъ значительную сложность, такъ какъ поглощающая способность поверхности можетъ быть различна, смотря по характеру лучей, которые падаютъ на нее; но всетаки не подлежитъ сомнѣнію та проницательность, съ какою Лесли открылъ указанную трудность. Въ изслѣдованіяхъ Уэлля надъ росою мы имѣемъ также весьма сложныя условія. Если мы выставимъ разные матеріалы, какъ напр. шероховатое желѣзо, стекло, полированный металлъ ночью подъ открытымъ небомъ, то они покрываются росою въ различной степени; но такъ какъ эти пластинки отличаются одна отъ другой какъ по качествамъ поверхности, такъ и по проводящей способности матеріала, то нельзя рѣшить, одно ли изъ этихъ обстоятельствъ или оба они имѣютъ здѣсь важность. Мы устраняемъ эту трудность, выставляя одинъ и тотъ же матеріалъ или полированнымъ или покрытымъ лакомъ, такъ чтобы поверхность находилась въ различныхъ состояніяхъ [1], и затѣмъ выставляя различныя вещества, но съ одинаковымъ видомъ поверхности.

---

[1] Inquiry into the Nature of Heat, p. 95.

Когда мы не имѣемъ возможности изолировать обстоятельства, то мы должны прибѣгнуть къ способу описанному Миллемъ подъ названіемъ соединеннаго метода сходства и различія. Мы должны собрать сколько возможно больше примѣровъ, въ которыхъ данное обстоятельство производитъ данный результатъ и сколько возможно больше такихъ примѣровъ, въ которыхъ отсутствіе обстоятельства сопровождается отсутствіемъ результата. Для объясненія этого онъ говоритъ, что мы напримѣръ не можемъ производить экспериментовъ надъ причиною двойнаго преломленія въ исландскомъ шпатѣ, потому что мы не можемъ измѣнить его кристаллическаго состоянія, не измѣнивши его этимъ совершенно, также точно какъ не можемъ найти веществъ совершенно сходныхъ съ исландскимъ шпатомъ во всѣхъ качествахъ, исключая одного. Поэтому мы прибѣгаемъ къ методу сравненія между собою всѣхъ извѣстныхъ веществъ, которыя обладаютъ свойствомъ двойнаго лучепреломленія, и находимъ, что всѣ они сходны между собою въ томъ, что имѣютъ извѣстную кристаллическую форму [2]. Но это есть на дѣлѣ не что иное, какъ обыкновенный процессъ совершенной или вѣроятной индукціи, отчасти уже описанной нами и разсматриваемой далѣе въ главѣ о классификаціи. Къ этому можно прибавить, что предметъ этотъ допускаетъ и чисто опытную повѣрку, такъ какъ стекло, будучи сжато въ одномъ направленіи, становится способнымъ производить двойное лучепреломленіе, и такъ какъ при этомъ вѣроятно не происходитъ никакого другого измѣненія въ стеклѣ, кромѣ измѣненія его упругости, то мы видимъ изъ этого, что спoспособность двойнаго преломленія вѣроятно происходитъ отъ различной упругости въ разныхъ направленіяхъ.

Устраненіе обыкновенныхъ условій.

Одна изъ существенныхъ цѣлей экспериментальнаго изслѣдованія состоитъ въ томъ, чтобы дать намъ возможность судить объ отношеніяхъ веществъ при условіяхъ очень отличныхъ отъ тѣхъ, которыя преобладаютъ на земной поверхности. Мы живемъ въ атмосферѣ, которая измѣняется по температурѣ и давленію только въ извѣстныхъ тѣсныхъ границахъ. Многія изъ силъ природы, какъ например тяжесть, непрерывно дѣйствующія на насъ, имѣютъ почти постоянную величину. А впослѣдствіи мы покажемъ, что мы не можемъ примѣнять количественнаго закона къ обстоятельствамъ сильно отличающихся отъ тѣхъ, въ которыхъ онъ былъ наблюдаемъ. На другихъ планетахъ, на солнцѣ, звѣздахъ, или на отдаленныхъ частяхъ вселенной условія существованія должны быть очень отличны отъ тѣхъ, среди которыхъ мы живемъ на землѣ. Поэтому наше знаніе природы было бы ограниченнымъ и гипотетическимъ, если бы мы посредствомъ надлежащихъ опытовъ не могли ставить изслѣдуемыя вещества въ необыкновенныя условія.

---

[1] Гершель, Preliminary Discourse, p. 161.

[2] System of Logic, b. III. ch. VIII. § 4.

Электрическая дуга представляетъ неоцѣненное средство для того, чтобы подвергать металлы или другія проводящія вещества дѣйствію самой высокой извѣстной намъ температуры. При помощи ея мы узнали, что всѣ металлы не только могутъ испаряться, но и испускаютъ характеристическіе лучи свѣта. На противоположномъ концѣ скалы мы имѣемъ чрезвычайно сильную охлаждающую смѣсь, придуманную Фаредеемъ и состоящую изъ твердой угольной кислоты и эфира смѣшанныхъ въ безвоздушномъ пространствѣ, которая даетъ намъ возможность наблюдать состояніе веществъ при температурѣ, несравненно ниже той, какую мы встрѣчаемъ въ природѣ на земной поверхности.

Въ настоящее время мы едвали можемъ представить себѣ всю важность изобрѣтенія воздушнаго насоса, безъ котораго мы могли бы экспериментировать только при обыкновенномъ атмосферномъ давленіи. Естествоиспытатели флорентійской академіи (del Cimento) воспользовались Торичелліевой пустотой, чтобы изслѣдовать въ безвоздушномъ пространствѣ отношенія воды, пара, звука, магнитовъ, электрическихъ веществъ и проч.; но ихъ опыты часто были безуспѣшны вслѣдствіе трудности устранить воздухъ [1]).

Изъ числа постоянныхъ обстоятельствъ, при которыхъ мы живемъ, самое постоянное есть сила тяжести, которая не измѣняется, за исключеніемъ ничтожныхъ долей ея величины, ни въ какой части земной коры или атмосферы, до которой мы могли достигнуть. Эта сила достаточна для того, чтобы преодолѣть и замаскировать различныя дѣйствія, напр. взаимное притяженіе небольшихъ тѣлъ. Интересенъ опытъ Плато имѣвшій цѣлью нейтрализовать дѣйствіе тяжести помѣщеніемъ веществъ въ жидкости совершенно одинаковаго съ ними удѣльнаго вѣса. Такъ напр. капля растительнаго масла пущенная въ надлежащую смѣсь алькоголя и воды принимаетъ шарообразную форму; если ее заставить вращаться, то она становится сфероидальною и затѣмъ послѣдовательно раздѣляется на кольца и группу шариковъ. Въ этомъ мы имѣемъ разъясняющій примѣръ способа, какимъ могла образоваться планетная система [1]) хотя безконечная разница въ размѣрахъ не позволяетъ намъ съ увѣренностью заключать отъ этого опыта къ условіямъ, принимаемымъ извѣстною теорію образованія солнечной системы изъ космической туманности.

---

[1]) Статьи о естественныхъ опытахъ произведенныхъ въ академіи del Cimento, англійск. перев. Р. Валлера, 1684, p. 40 etc.

Возможно, что такъ называемые элементы элементарны только для насъ, потому что намъ доступна только такая температура, при которой они не разлагаются. Лавуазье очень осторожно опредѣлилъ элементъ какъ вещество, которое не можетъ быть разложено *никакими извѣстными намъ средствами;* и кажется дѣйствительно нѣкоторые изъ этихъ элементовъ, напр. іодъ, бромъ и хлоръ, представляютъ сложныя тѣла состоящія изъ болѣе простыхъ элементовъ. Очень возможно, что въ нашей части вселенной и на настоящей стадіи ея развитія разсѣяніе энергіи дошло до того, что уже нѣтъ источниковъ жара достаточно сильнаго для того, чтобы произвести разложеніе элементовъ.

Вмѣшательство неподозрѣваемыхъ условій.

Можетъ случиться такъ, что мы не узнаемъ всѣхъ условій, при которыхъ производятся наши изслѣдованія. Могутъ замѣшаться какія-нибудь вещества или дѣйствовать какія-нибудь силы, которыя ускользаютъ отъ самаго тщательнаго изысканія. Не зная объ ихъ существованіи, мы не можемъ принять надлежащихъ мѣръ для ихъ исключенія и тѣмъ опредѣлить ту долю, какая принадлежитъ имъ въ результатахъ нашихъ экспериментовъ. Несомнѣнно, что алхимики были введены въ заблужденіе и поддерживаемы въ своихъ тщетныхъ попыткахъ неподозрѣваемымъ присутствіемъ слѣдовъ золота и серебра въ веществахъ, превращеніемъ которыхъ они занимались. Выплавляемый изъ рудъ свинецъ почти всегда содержитъ нѣсколько серебра, и золото встрѣчается вмѣстѣ со многими другими металлами. Поэтому небольшія количества благороднаго металла часто могли казаться имъ результатомъ ихъ опыта и поддерживать ихъ призрачныя надежды.

Не разъ неподозрѣваемое присутствіе поваренной соли въ воздухѣ возбуждало большія недоумѣнія. Въ прежнихъ опытахъ надъ электролизомъ находимо было, что когда разлагается вода, то на полюсахъ образуется кислота и щелочь вмѣстѣ съ кислородомъ и водородомъ. За отсутствіемъ всякаго другаго объясненія нѣкоторые химики поспѣшно пришли къ тому заключенію, что электричество должно имѣть способность *производить* кислоты и щелочи, а одинъ химикъ вообразилъ даже, что онъ открылъ новое вещество, которое онъ и назвалъ *электрическою кислотою.* Но Деви взялся за систематическое изслѣдованіе обстоятельствъ, измѣняя условія. Замѣнивши стеклянные сосуды агатовыми или золотыми, онъ нашолъ, что получалось гораздо меньше щелочи; а устранивши нечистоты бывшія въ водѣ перегонкой ея, онъ нашолъ, что количества кислоты и щелочи еще болѣе уменьшились. И когда онъ, получивши такимъ образомъ указаніе на истинную причину, довершилъ устраненіе нечистотъ тѣмъ, что избѣгалъ прикосновенія своими пальцами и помѣстилъ весь аппаратъ подъ безвоздушный пріемникъ, тогда не получалось ни кислоты, ни щелочи. Трудно найти болѣе изящный случай открытія условія прежде неподозрѣваемаго [1]).

---

[1]) Плато, Scientific Memoirs, Тейлора, v. IV. p. 16—43.

Замѣчательно, что присутствіе поваренной соли въ воздухѣ хотя и было показано Деви, но тѣмъ не менѣе продолжало служить камнемъ преткновенія въ спектральномъ анализѣ и вѣроятно помѣшало такимъ людямъ, какъ Брьюстеръ, Гершель и Тальботъ, опередить тридцатью годами открытія Бунзена и Кирхгофа. Какъ я показалъ въ другомъ мѣстѣ [2]), важность спектра была извѣстна въ половинѣ прошлаго столѣтія Томасу Мельвилю, талантливому шотландскому физику, который умеръ на 27 году жизни. Но Мельвиля при его изслѣдованіяхъ надъ пламенемъ разныхъ цвѣтовъ поражало необыкновенное преобладаніе однороднаго жолтаго цвѣта, что происходило отъ какого-нибудь обстоятельства ускользавшаго отъ его вниманія. Волластонъ и Фраунгоферъ также поражались преобладаніемъ жолтой линіи въ спектрѣ почти всякаго рода свѣта. Тальботъ прямо рекомендовалъ употребленіе призмы для открытія присутствія веществъ, т. е. то, что мы теперь называемъ спектральнымъ анализомъ; но онъ нашелъ, что всѣ вещества, какъ бы ни былъ различенъ во всѣхъ другихъ отношеніяхъ даваемый ими свѣтъ, были сходны между собою въ томъ, что давали и жолтый свѣтъ. Тальботъ зналъ, что соли натрія даютъ этотъ жолтый свѣтъ; но не смотря на урокъ данный прежними изслѣдованіями Деви, разрѣшившаго трудности, какія представляло появленіе соли при электролизѣ, ему всетаки не пришло въ голову утверждать, что гдѣ есть такой свѣтъ, тамъ долженъ быть натрій. Онъ предполагалъ, что источникомъ жолтаго свѣта по всей вѣроятности служитъ вода вслѣдствіе ея большаго распространенія во многихъ веществахъ; но даже вещества, въ которыхъ повидимому не было воды, давали такой же жолтый свѣтъ [1]). Брьюстеръ и Гершель производили опыты надъ разнаго рода пламенемъ въ одно время съ Тальботомъ и Гершель прямо высказалъ принципъ спектральнаго анализа [2]). И Брьюстеръ со своей стороны нашелъ, послѣ многихъ затрудненій и огорченій, что жолтый свѣтъ можетъ быть полученъ при сожиганіи почти всякаго вещества. И только въ 1856 г. Сванъ открылъ, что самое незначительное количество хлористаго натрія, напр. милліонная часть грана, была достаточна для того, чтобы окрасить пламя въ яркій жолтый цвѣтъ. Такое обширное распространеніе солей натрія вмѣстѣ съ этой его замѣчательной способностью давать жолтый свѣтъ было такимъ образомъ неподозрѣваемымъ условіемъ, которое разрушало во всѣхъ прежнихъ экспериментаторахъ довѣріе къ употребленію призмы [3]).

---

[1]) Phil. Trans. 1826, v. CXVI. p. 388, 389. Works of H. Davy, V, p. 1—12.

[2]) National Review, July, 1861, p. 13.

Въ наукѣ о лучистой теплотѣ прежніе изслѣдователи пришли къ тому заключенію, что лучеиспусканіе происходитъ только съ поверхности или изъ весьма небольшой глубины подъ нею. Но имъ случалось экспериментировать надъ поверхностями покрытыми слоемъ лака, который въ высшей степени атермантенъ или непрозраченъ для теплоты. Еслибы они надлежащимъ образомъ измѣняли характеръ поверхности и употребляли въ высшей степени діатермантное вещество, какъ напр. каменная соль, то они пришли бы къ инымъ результатамъ [4]).

Однимъ изъ самыхъ замѣчательныхъ примѣровъ ошибочнаго мнѣнія происходящаго отъ незнанія о вмѣшательствѣ какихъ-нибудь постороннихъ агентовъ представляетъ вопросъ о большемъ количествѣ дождя выпадающаго близь земной поверхности. Болѣе столѣтія тому назадъ было замѣчено, что дождемѣры стоявшіе на церковныхъ колокольняхъ, на крышахъ домовъ и на другихъ высокихъ мѣстахъ показывали значительно меньшее количество дождя, чѣмъ тогда, когда они стояли ближе къ землѣ, и недавно было показано, что измѣненіе количества бываетъ быстрѣе всего у самой земли [5]). Были придумываемы всякаго рода теоріи для объясненія этого явленія; но я показалъ [6]), что оно просто происходитъ отъ вмѣшательства вѣтра, который отклоняетъ больше или меньше дождя отъ дождемѣровъ, обдуваемыхъ имъ.

---

[1]) Edinburgh Journal of Science, v. V, p. 79.

[2]) Encyclopoedia Metropolitana, стат. Light, § 524; Гершель Familiar Lectures, p. 266.

[3]) Исторію этого любопытнаго предмета можно прослѣдить по слѣдующимъ сочиненіямъ, Тальботъ, Phil Mag. 3 ser., v. IX, p. I, 1836; Брьюстеръ, Trans. of R. Soc. of Edinburgh, 1823, v. IX, 433, 455, Сванъ, Ibid. 1856, v. XXI, p. 411; Phil. Mag., 4 ser., v. XX, p. 173, Sept. 1860; Роско, Spectrum Analysis, Lecture III.

[4]) Бальфуръ Стьюартъ, Elementary Treatise on Heat, p. 192.

[5]) British Association, Liverpool, 1870. Report of Rainfall, p. 176.

[6]) Phil. Mag. Dec. 1861, 4 ser., v. XXII. p, 421.

Большая магнитная способность желѣза дѣлаетъ его источникомъ возмущенія въ магнитныхъ опытахъ. Поэтому при постройкѣ магнитныхъ обсерваторій нужно избѣгать употребленія желѣза и стараться, чтобы не было вблизи большихъ массъ желѣза. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ магнитныя наблюденія серьезно страдали отъ существованія въ сосѣдствѣ большихъ массъ желѣзной руды. Фаредей въ своихъ опытахъ надъ слабо-магнитными или діамагнитными веществами принималъ большія предосторожности, чтобы не было возмущающихъ веществъ въ мѣдной проволокѣ, бумагѣ, и другихъ вещахъ употребляемыхъ при подвѣшиваніи испытуемыхъ предметовъ. Онъ обыкновенно пробовалъ дѣйствіе аппарата, когда въ немъ еще не было испытуемаго предмета, и безъ этой предварительной пробы онъ не имѣлъ никакого довѣрія къ результатамъ [1]). Тиндаль употреблялъ тотъ же способъ, чтобы убѣдиться, что въ электромагнитныхъ катушкахъ мѣдной проволоки нѣтъ желѣза, и такимъ образомъ устранялъ всякую причину возмущенія [2]). Достойно замѣчанія, что въ самомъ дѣтствѣ науки о магнетизмѣ проницательный экспериментаторъ Джильбертъ вѣрно объяснялъ существовавшее въ его время мнѣніе, что магнитъ притягиваетъ серебро, тѣмъ, что серебро иногда содержитъ въ себѣ желѣзо.

Но и послѣ того, какъ предварительные опыты не дали никакого указанія на присутствіе спеціальнаго возмущающаго дѣятеля, мы всетаки не должны предполагать отсутствія неподозрѣваемаго вліянія. Если опытъ имѣетъ большую важность, такъ что на немъ основывается какая нибудь значительная отрасль науки, то мы должны пробовать и перепробовать его много разъ при сколько возможно разнообразныхъ условіяхъ. Мы должны намѣренно и различнымъ образомъ возмущать аппаратъ, такъ чтобы хоть случайно получить указаніе на какой нибудь слабый пунктъ его. Особенно же въ томъ случаѣ, когда наши результаты оказываются болѣе правильными, чѣмъ мы имѣемъ основанія ожидать этого, мы должны подозрѣвать какую нибудь особенность въ аппаратѣ, вслѣдствіе которой онъ даетъ мѣру какого нибудь другаго явленія, а не изслѣдуемаго, подобно тому какъ маятникъ Фуко почти всегда указываетъ движенія осей его собственнаго эллиптическаго пути, а не вращенія земли.

Въ такомъ осторожномъ духѣ и дѣйствовалъ Байли въ своихъ опытахъ надъ плотностью земли. Точность его результатовъ зависѣла отъ устраненія всѣхъ возмущающихъ вліяній, такъ чтобы качанія его крутительныхъ вѣсовъ измѣряли только одно притяженіе. Поэтому онъ различнымъ образомъ варьировалъ аппаратъ, измѣнялъ маленькіе притягиваемые шары, соединяющій стерженекъ и способы привѣса. Онъ замѣчалъ дѣйствіе такихъ возмущеній какъ присутствіе посѣтителей, сильные штормы и проч., и такъ какъ при всемъ этомъ не происходило измѣненія въ результатахъ, то онъ съ увѣренностью приписывалъ ихъ тяжести [1]).

---

[1]) Experiment. Researches in Electricity. v. III. p. 84 etc.

[2]) Lectures on Heat, p. 21.

Ньютонъ вѣроятно открылъ бы способъ дѣлать ахроматическія чечевицы, еслибы не было неподозрѣваемаго дѣйствія уксусно-кислаго свинца, который онъ вѣроятно растворилъ въ водѣ призмы. Посредствомъ стекляной призмы соединенной съ водяною призмою онъ старался произвести разсѣяніе свѣта безъ преломленія и еслибы ему это удалось, то это очевидно былъ бы и способъ получать преломленіе безъ разсѣянія. Его неудача приписывается тому, что онъ прибавлялъ къ водѣ уксусно-кислаго свинца для увеличенія ея преломляющей способности; а такъ какъ свинецъ имѣетъ большую разсѣевающую способность, то это и помѣшало осуществленію его цѣли [2]). Судя по замѣчаніямъ Ньютона въ Philosophical Transactions можно думать, что онъ отчаялся въ возможности устроить ахроматическія стекла только послѣ многихъ безуспѣшныхъ попытокъ [3]).

Члены флорентинской академіи въ своихъ первыхъ и остроумныхъ опытахъ надъ безвоздушнымъ пространствомъ часто были вводимы въ заблужденіе механическими несовершенствами ихъ аппаратовъ. Они пришли къ заключенію, что воздухъ не принимаетъ участія въ произведеніи звуковъ очевидно потому, что ихъ пространство было несовершенно безвоздушно. Отто Герике впалъ въ подобную же ошибку, употребляя новоизобрѣтенный имъ воздушный насосъ, по всей вѣроятности вслѣдствіе неподозрѣваемаго имъ присутствія воздуха достаточно плотнаго, чтобы проводить звукъ колокольчика.

Едвали нужно указывать на то, что ученіе о самопроизвольномъ зарожденіи возникло вслѣдствіе неподозрѣваемаго существованія органическихъ зародышей, остававшихся даже послѣ самыхъ тщательныхъ усилій устранить ихъ, и во многихъ болѣзняхъ какъ животныхъ, такъ и растеній дѣятельною причиною ихъ навѣрное бываютъ зародыши, для открытія которыхъ мы еще не имѣемъ средствъ. Уже давно спорятъ о томъ, откуда берутся растенія на недавно взрытой глубоко почвѣ, изъ сѣмянъ уже давно лежащихъ въ этой почвѣ или изъ сѣмянъ принесенныхъ вѣтромъ. Аргументы здѣсь неумѣстны, когда возможенъ прямой опытъ. Потому что если, взрывши почву, покрыть часть ея стеклянным ящикомъ, то этимъ вполнѣ будетъ устранено принесеніе сѣмянъ вѣтромъ, и если подъ ящикомъ и внѣ его появятся одни и тѣже растенія, тогда будетъ ясно, что сѣмена находились въ самой почвѣ. Вслѣдствіе грубыхъ недосмотровъ, нѣкоторые экспериментаторы думали прежде, что иногда выростаетъ рожь, когда посѣянъ овесъ.

---

[1]) Байли, Memoirs of the Royal Astronomical Society, v. XIV. p. 29, 30.

[2]) Грантъ, History of Physical Astronomy, p. 531.

[3]) Phil. Trans., abridged by Lowthorp, 4 ed., v. I. p. 202.

Пробные опыты.

Каждый рѣшающій опытъ необходимо состоитъ въ сравненіи результатовъ между двумя различными комбинаціями обстоятельствъ. Чтобы сдѣлать вѣроятнымъ, что A есть причина X, мы должны удерживать неизмѣнными всѣ окружающіе предметы и условія, и затѣмъ должны показать, что гдѣ есть A, тамъ есть X и гдѣ нѣтъ A, тамъ нѣтъ X. Но этого нельзя сдѣлать за одинъ разъ, однимъ опытомъ. Если напр. химикъ помѣщаетъ извѣстное подозрительное вещество въ аппаратъ Марша и находитъ, что оно даетъ небольшой налетъ металлическаго мышьяка, то онъ еще не можетъ быть увѣренъ въ томъ, что мышьякъ дѣйствительно происходитъ отъ подозрѣваемаго вещества; нечистота цинка или сѣрной кислоты могутъ быть причиною его появленія. Поэтому химики обыкновенно дѣлаютъ предварительно пробный опытъ, т. е. пробуютъ, не появится ли мышьякъ и въ отсутствіи подозрѣваемаго вещества. Ту же самую предосторожность нужно наблюдать и во всѣхъ важныхъ аналитическихъ операціяхъ. Да это даже и не предосторожность, а существенная часть всякаго опыта. Если не сдѣланъ пробный опытъ, то химикъ просто только предполагаетъ, будто знаетъ, что такое произошло. Утверждая, что такъ какъ A и X оказываются вмѣстѣ, то A есть причина X, мы предполагаемъ, что если не будетъ A, то не будетъ также и X. Но мы не должны принимать этого только по предположенію или по умозаключенію, но по возможности должны провѣрять его опытомъ. Опытъ всегда бываетъ послѣднимъ основаніемъ всѣхъ нашихъ умозаключеній; но если есть возможность непосредственнымъ опытомъ рѣшить занимающій насъ пунктъ, то мы и должны обратиться къ нему, не полагаясь на отдаленныя умозаключенія, при которыхъ возможны ошибки. Когда Фаредей изслѣдовалъ магнитныя свойства одного аппарата, не вводя въ него испытуемаго вещества, то онъ дѣлалъ настоящій пробный опытъ.

Кромѣ того мы должны повѣрять точность метода нашихъ опытовъ гдѣ только есть возможность, вводя извѣстное количество вещества или силы, которыя ищутся. Новый аналитическій процессъ для количественнаго опредѣленія элемента долженъ быть испробованъ на какой нибудь смѣси, составленной такимъ образомъ, чтобы она содержала извѣстное количество этого элемента. Точность пробы золота много зависитъ отъ той предосторожности, чтобы сначала попробовать сплавъ золота извѣстнаго опредѣленнаго состава [1]). Сочиненія Габріеля Платтеса представляютъ много доказательствъ научнаго духа и напр., говоря объ угадывающей палкѣ предложенной для открытія подземныхъ минеральныхъ богатствъ, онъ говоритъ, что эту палку слѣдовало бы попробовать въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ несомнѣнно существуютъ металлоносныя жилы [2]).

Отрицательные результаты опыта.

Когда мы обратимъ вниманіе на несовершенство всѣхъ измѣряющихъ инструментовъ и на возможную малость дѣйствій, тогда увидимъ много основаній истолковывать съ большою осторожностью отрицательные результаты опытовъ. Мы можемъ не открыть существованія ожидаемаго дѣйствія не потому, что дѣйствіе это на самомъ дѣлѣ не существуетъ, но потому, что оно имѣетъ величину незамѣтную для нашихъ чувствъ или смѣшано съ другими дѣйствіями гораздо большей величины. Такъ какъ теоретически не можетъ быть предѣла малости явленій, то мы никогда не можемъ доказать опытомъ, произведеннымъ только одинъ разъ, несуществованія предполагаемаго дѣйствія. Мы всегда можемъ предположить, что извѣстное количество дѣйствія можетъ быть открыто посредствомъ болѣе тонкаго измѣренія. Мы не можемъ съ увѣренностью утверждать, что луна вовсе не имѣетъ атмосферы. Мы можемъ показать, что атмосфера, если она и существуетъ, имѣетъ меньшую плотность, чѣмъ воздухъ въ такъ называемой пустотѣ воздушнаго насоса, какъ это и показалъ Дю Сежуръ. Невозможно также доказать, что тяжесть для своей передачи не требуетъ *времени*. И дѣйствительно Лапласъ убѣдился, что скорость распространенія вліянія тяжести была по меньшей мѣрѣ въ 50 разъ больше скорости свѣта [3]); значитъ она всетаки не мгновенна; и еслибы были какія нибудь средства открыть дѣйствіе одной звѣзды на другую чрезвычайно отъ нея отдаленную, то мы могли бы можетъ быть найти замѣтный промежутокъ времени нужный для передачи тяготѣющаго импульса. Ньютонъ не могъ доказать отсутствія всякаго сопротивленія движенію матеріи въ міровомъ пространствѣ; но изъ опытовъ съ маятникомъ онъ убѣдился, что еслибы существовало такое сопротивленіе, то величина его была бы меньше одной пятитысячной части внѣшняго сопротивленія воздуха [1]).

---

[1]) Джевонсъ въ Dictionary of Chemistry, Watts' v. II. p. 936, 937.

[2]) Discovery of Subterraneal Treasure, London, 1639, p. 48.

[3]) Лапласъ, *Система міра*, англійск. перев. Гарта, v. II. p. 322.

Любопытный примѣръ ложнаго отрицательнаго умозаключенія представляютъ опыты надъ свѣтомъ. Эйлеръ отвергалъ теорію свѣтовыхъ тѣлецъ на томъ основаніи, что частички матеріи движущіяся съ тою громадною скоростью, какую имѣетъ свѣтъ, должны были бы обладать количествомъ движенія (моментомъ), котораго однако мы не видимъ. Беннетъ пытался открыть количество движенія свѣта, направивши сконцентрированные лучи свѣта на самые чувствительные вѣсы. Не получивши никакого результата, онъ счелъ доказаннымъ, что свѣтъ не имѣетъ количества движенія. Круксъ же, устроивши тонкія крылья зачерненныя съ одной стороны и помѣстивши ихъ на чувствительной оси въ почти безвоздушномъ пространствѣ, нашолъ, что они движутся сами собой подъ вліяніемъ свѣта [2]). Однако теперь принимаютъ, что это дѣйствіе можетъ быть объяснено согласно съ волнообразной теоріей свѣта и молекулярной теоріи газовъ. Но какъ бы то ни было, а Беннетъ не открылъ дѣйствія, которое можно было бы открыть при помощи лучшихъ методовъ опыта; но если бы онъ и открылъ его, то оно подтверждало бы не теорію свѣтовыхъ тѣлецъ, какъ онъ предполагалъ, но враждебную ей волнообразную теорію. Заключеніе выведенное изъ опытовъ Беннета было выведено не вѣрно, но тѣмъ не менѣе оно само по себѣ было вѣрно.

Многіе примѣры изъ исторіи науки доказываютъ, что явленія, которыя не удается открыть одному поколѣнію, становятся вполнѣ извѣстными для слѣдующаго поколѣнія. Сжимаемость воды, которой не могли открыть флорентинскіе академики, потому что при низкихъ давленіяхъ дѣйствіе было слишкомъ мало, чтобы быть замѣтнымъ, а при высокихъ давленіяхъ вода просачивалась черезъ поры ихъ серебрянаго сосуда [3]), стала въ настоящее время предметомъ точныхъ измѣреній и вычисленій. Независимо отъ Ньютона Гукъ выработалъ весьма замѣчательныя понятія относительно природы тяготѣнія. Въ этомъ, равно какъ и во многихъ другихъ пунктахъ онъ обнаружилъ такой геній экспериментальнаго изслѣдованія, который поставилъ бы его на первое мѣсто во всякое другое время, кромѣ времени Ньютона. Онъ вѣрно представлялъ, что сила тяжести ослабѣваетъ по мѣрѣ того, какъ мы удаляется отъ центра тяжести и смѣло пытался доказать это посредствомъ опыта. Совершенно уравновѣсивши двѣ тяжести на чашкахъ вѣсовъ, или лучше сказать уравновѣсивши одну тяжесть другою, къ которой была прикрѣплена длинная тонкая веревка, онъ поднялся съ своими вѣсами на вершину купола св. Павла и пробовалъ, останутся-ли вѣсы въ равновѣсіи и тогда, если одну тяжесть спустить внизъ на 240 футовъ. Не замѣтивши никакой разницы, когда обѣ тяжести были на одномъ уровнѣ и на разныхъ уровняхъ, Гукъ все-таки совершенно вѣрно думалъ, что неудача произошла отъ недостаточной высоты. Онъ прямо говорилъ: «я однако расположенъ думать, что на большихъ высотахъ нѣкоторая разница могла бы быть открыта» [1]. Радіусъ земли составляетъ около 20,922,000 футовъ, и мы можемъ теперь по закому тяжести вычислить, что высота въ 240 ф. дала бы разницу въ одну 40,000-ю часть всего вѣса тяжести взятой въ опытѣ. Такая разница конечно была бы незамѣтна на вѣсахъ того времени, хотя она могла бы быть открыта вѣсами, которыя часто дѣлаются въ настоящее время. Взаимное притяженіе тѣлъ на земной поверхности также столь мало, что Ньютонъ и не пытался опытно доказывать его существованіе и только замѣтилъ, что оно слишкомъ мало, чтобы быть замѣтнымъ для нашихъ чувствъ [2]. Но впослѣдствіи оно было открыто и измѣрено Кавендишемъ, Байли и другими.

---

[1]) Principia, кн. II. отд. 6, пол. XXXI.

[2]) Доказано, что крылья извѣстнаго радіометра Крукса движутся вовсе не отъ дѣйствія свѣта. *Перев.*

[3]) Статьи о естественныхъ опытахъ и проч. с. 117.

Малость количествъ, которыя мы можемъ иногда наблюдать, удивительна. Вѣсы могутъ чувствовать одну милліонную часть груза. Уитвортъ могъ измѣрить до одной милліонной части дюйма. Джоуль замѣчалъ повышеніе температуры на одну 8,800-ю часть градуса Ц. Спектроскопъ открываетъ присутствіе одной 10-ти милліонной части грама. Говорятъ, что глазъ можетъ замѣтить окрашиваніе производимое въ каплѣ 50-ти милліонною частью грама фусцина и почти тѣмъ же количествомъ ціанина. Чувство обонянія можетъ открывать вѣроятно еще меньшія количества пахучаго вещества [3]. Но тѣмъ не менѣе мы должны помнить, что могутъ существовать количественныя дѣйствія гораздо меньшей величины чѣмъ эти, и потому мы должны устанавливать наши отрицательные результаты съ соотвѣтствующею осторожностью. Мы можемъ отвергать существованіе количественнаго явленія только тогда, когда докажемъ дедуктивно, на основаніи законовъ природы, что если бы оно существовало, то должно бы было составлять замѣтную величину. Какъ и при другихъ отрицательныхъ аргументахъ (стр. 388), мы должны доказать, что дѣйствіе должно было бы явиться въ тѣхъ случаяхъ, въ которыхъ оно при производствѣ опыта однако не является.

---

[1] Гукъ, Posthumous Works, p. 182.

[2] Principia, кн. III. Пол. VII. Выв. I.

[3] Кейль, Introduction to Natural Philosophy, 3 ed. London, 1733 p. 48—54.

Границы опыта.

Очевидно, что въ природѣ могутъ совершаться многія такія явленія, которымъ мы не можемъ подражать въ нашихъ опытахъ. Наша цѣль—изучить условія, при которыхъ совершается извѣстное дѣйствіе; но одно изъ этихъ условій можетъ состоять въ большомъ періодѣ времени. Есть примѣры опытовъ длившихся пять или десять лѣтъ или даже большую часть жизни экспериментатора; но такіе промежутки времени почти ничто въ сравненіи со временемъ, въ теченіи котораго могла дѣйствовать природа. Содержаніе минеральныхъ жилъ къ Корнуэллѣ могло постепенно измѣняться въ теченіи сотенъ милліоновъ лѣтъ. Всѣ метаморфическія породы несомнѣнно подвергались высокой температурѣ и громадному давленію въ теченіи невообразимыхъ періодовъ времени, такъ что химическая геологія вообще лежитъ внѣ границъ опыта.

Противъ теоріи Дарвина приводились аргументы основанные на отсутствіи какихъ нибудь ясныхъ примѣровъ возникновенія новыхъ видовъ. Въ теченіи историческаго періода обнимающаго около четырехъ тысячъ лѣтъ ни одно животное, говорятъ, не было приручено до такой степени, чтобы стать различнымъ видомъ. Это все равно какъ если бы кто нибудь сталъ доказывать, что не происходитъ никакихъ геологическихъ перемѣнъ, тѣмъ, что на памяти людей не образовалось ни одной горы въ Великобританіи. Нашъ настоящій геологическій опытъ есть только одно мгновеніе въ безконечномъ теченіи времени. Если мы знаемъ, что дождевая вода, падая на известнякъ, уноситъ съ собою въ растворѣ небольшую часть породы, то мы не колеблясь помножаемъ это количество на милліоны и заключаемъ, что съ теченіемъ времени можетъ раствориться гора. Въ настоящее время наблюденіе показало намъ поднятіе страны въ нѣкоторыхъ частяхъ земнаго шара и опусканіе въ другихъ на нѣсколько футовъ. Ужели мы можемъ колебаться заключать о томъ, что могло произойти въ теченіи геологическихъ періодовъ? Какъ уже давно замѣтилъ Габріель Платесъ, «море никогда не остается въ бездѣйствіи, но постоянно захватываетъ сушу въ одномъ мѣстѣ и теряетъ въ другомъ, а это показываетъ намъ, что можетъ совершиться въ теченіи времени посредствомъ этого процесса непрерывающагося и непрекращающагося» ¹). Къ дѣйствіямъ физическихъ обстоятельствъ на формы и признаки животныхъ посредствомъ

---

¹) Discovery of Subterraneal Treasure, 1639, p. 52.

естественнаго подбора примѣняются тѣже замѣчанія. Относительно животныхъ въ дикомъ состояніи измѣненіе обстоятельствъ, которое можно было замѣтить, такъ мало, что мы не можемъ надѣяться увидѣть какую нибудь перемѣну въ этихъ животныхъ. Въ историческій періодъ природа еще не успѣла сдѣлать для насъ ни одного опыта. Однако человѣкъ, приручая и разводя собакъ, лошадей, рогатый скотъ, голубей и проч., сдѣлалъ значительныя измѣненія въ ихъ обстоятельствахъ, и потому мы находимъ значительныя измѣненія въ ихъ формахъ и свойствахъ. Предположимъ, что состояніе прирученія продолжается неизмѣнно, тогда эти новыя формы останутся постоянными, и въ этомъ смыслѣ ихъ можно назвать постоянными. Поэтому аргументы противъ теоріи Дарвина, основанные на не-наблюденіи естественныхъ измѣненій въ теченіи историческаго періода, имѣютъ весьма мало силы, будучи чисто отрицательными.

ГЛАВА XX.

МЕТОДЪ ИЗМѢНЕНІЙ.

Опыты могутъ быть двоякаго рода, опыты относительно простаго факта и опыты относительно количества. Въ первомъ классѣ опытовъ мы соединяемъ извѣстныя условія и желаемъ узнать, существуетъ или нѣтъ извѣстное дѣйствіе въ какомъ бы то ни было количествѣ. Гукъ напр. желалъ узнать, существуетъ или нѣтъ какая нибудь разница въ силѣ тяжести у основанія и на вершинѣ собора св. Павла. Химикъ постоянно дѣлаетъ анализы съ цѣлью узнать, находится или нѣтъ данный предметъ въ какомъ нибудь минералѣ или анализируемой смѣси; всѣ такіе эксперименты и анализы скорѣе качественны, чѣмъ количественны, потому что хотя результатъ можетъ быть болѣе или менѣе удаченъ, однако величина результата не составляетъ цѣли изслѣдованія.

Но какъ только окажется возможнымъ открыть результатъ, человѣкъ науки сейчасъ же долженъ приступать къ количественному изслѣдованію того, какъ великъ результатъ, который вытекаетъ изъ извѣстнаго количества условій, оставляющихъ по предположенію причину его. Возможное число опытовъ теперь безконечно велико, потому что каждое измѣненіе въ количественномъ условіи производитъ обыкновенно измѣненіе въ количествѣ дѣйствія. Методъ измѣненія (варіаціи) не есть такимъ образомъ узкій или спеціальный методъ, но онъ есть общее примѣненіе опыта къ явленіямъ представляющимъ непрерывное измѣненіе. Какъ основательно замѣтилъ Фоулеръ 1), наблюденіе измѣненій есть въ сущности интеграція предполагаемаго безконечнаго числа примѣненій такъ называемаго метода разности, т. е. опытъ въ его совершенной формѣ.

Въ индукціи мы стремимся къ установленію общаго закона, и если мы имѣемъ дѣло съ количествами, то этотъ законъ долженъ быть выраженъ болѣе

---

1) Elements of Inductive Logic, 1 ed., p. 175,

или менѣе очевидно въ формѣ уравненія или уравненій. Мы по прежнему изслѣдуемъ условія и то, что совершается при этихъ условіяхъ. Но условія здѣсь измѣняются не въ качествѣ, но въ количествѣ, и дѣйствіе поэтому измѣняется тоже въ количествѣ, такъ что результатомъ количественной индукціи всегда должно быть полученіе какого нибудь математическаго выраженія, содержащаго въ себѣ количество каждаго условія и дающаго количество результата. Другими словами, мы желаемъ знать, какую функцію своихъ условій составляетъ изслѣдуемое дѣйствіе. Мы увидимъ, что иное дѣло получить численные результаты, и совершенно иное открыть законъ, который управляетъ этими результатами, и эта послѣдняя операція имѣетъ обратный и нерѣшительный характеръ.

Измѣняющееся и измѣняемое.

Почти всякій рядъ количественныхъ экспериментовъ направляется къ тому, чтобы узнать отношеніе между различными величинами одного количества, которое измѣняется по произволу, и другаго количества, которое вслѣдствіе этого измѣненія само должно измѣняться. Для отличенія мы можемъ назвать одно количество *измѣняющимся* (variable), а другое *измѣняемымъ* (variant). Когда мы изслѣдуемъ дѣйствіе теплоты на расширеніе тѣлъ, то теплота или температура есть измѣняющееся, а длина измѣняемое. Если же мы сжимаемъ тѣло, чтобы наблюдать, сколько при этомъ развивается теплоты, то давленіе или измѣненіе размѣровъ тѣла есть измѣняющееся, а теплота есть измѣняемое. Въ термоэлектрическомъ столбикѣ мы употребляемъ теплоту какъ измѣняющееся и измѣряемъ электричество какъ измѣняемое. То изъ двухъ измѣряемыхъ количествъ, которое служитъ предшествующимъ условіемъ другаго, будетъ измѣняющимся.

Всегда представляетъ большое удобство—имѣть измѣняющееся, которое бы вполнѣ находилось въ нашей власти. И въ самомъ дѣлѣ, мы можемъ точно произвести опытъ только тогда, когда можемъ точно измѣрить измѣняющееся въ тотъ моментъ, когда опредѣляется количество дѣйствія. Но если намъ приходится имѣть дѣло съ дѣйствіями какой нибудь капризной силы, то бываетъ весьма трудно сдѣлать точныя измѣренія и полученные результаты не могутъ быть надлежащимъ образомъ распредѣлены по всему ряду количества. Поэтому первой заботой экспериментатора должно быть то, чтобы получить правильный и регулируемый притокъ силы, которую онъ изслѣдуетъ. Правильно опредѣлить силу дѣйствія вѣтряныхъ мельницъ, когда естественный вѣтеръ постоянно измѣняется въ силѣ, было бы чрезвычайно трудно. Поэтому Смитонъ при своихъ опытахъ относительно этого предмета придумалъ равномѣрный вѣтеръ требуемой силы, двигая по воздуху свою модель, которая находилась на концѣ шеста двигавшагося кругомъ [1]). Скорость вѣтра можно было такимъ образомъ сдѣлать больше или меньше, или удерживать ее постоянною какое угодно время и потому величину ея можно было опредѣлить точно. При опредѣленіи законовъ химическаго дѣйствія свѣта нечего и думать о томъ, чтобы употреблять лучи солнца, которые измѣняются въ интенсивности въ зависимости отъ ясности атмосферы и отъ каждаго проходящаго облака. Какъ въ фотометріи, такъ и при изслѣдованіи химическаго дѣйствія очень трудно получить однородный и регулируемый источникъ свѣтовыхъ лучей [2]).

Методъ Физо для опредѣленія скорости свѣта далъ ему возможность опредѣлить время употребляемое свѣтомъ на прохожденіе разстоянія въ 8 или 9 тысячъ метровъ. Но впослѣдствіи вращающееся зеркало Уитстона дало возможность Фуко и Физо измѣрить скорость свѣта на пространствѣ 4 метровъ. Этотъ послѣдній методъ представлялъ ту выгоду, что воздухъ можно было замѣнять различными другими средами и вполнѣ регулировать и измѣрить температуру, плотность и другія условія опыта.

Измѣреніе измѣняющагося.

Мало было бы пользы получить точную мѣру дѣйствія, еслибы мы не могли также точно измѣрить его условій. Было бы нелѣпо измѣрять электрическое сопротивленіе перваго попавшагося куска металла, его упругость, вязкость, плотность и другія физическія качества, такъ какъ всѣ они измѣняются при малѣйшей нечистотѣ металла и сообразно съ его физическимъ состояніемъ. Если одна и таже металлическая полоса измѣняетъ свои свойства смотря по тому, бываетъ ли она нагрѣта или холодна, а мы между тѣмъ не могли бы точно опредѣлить то состояніе, въ которомъ она находится въ данный моментъ, тогда точность нашего измѣренія ни къ чему бы ни послужила, потому что она не могла бы привести къ закону. Мало принесло бы пользы весьма точное опредѣленіе проводимости углерода, который въ видѣ графита проводитъ какъ металлъ, въ видѣ алмаза можетъ считаться почти непроводникомъ и во многихъ другихъ формахъ обладаетъ различными промежуточными способностями проводимости. Опредѣленіе это было бы полезно только для непосредственныхъ практическихъ примѣненій. Прежде чѣмъ измѣрять, мы должны имѣть такое измѣняемое, условія котораго можно точно измѣрять и къ которому мы могли бы обратиться въ будущемъ. Подобнымъ же образомъ точность нашего измѣренія не должна слишкомъ превосходить ту точность, съ какою мы можемъ опредѣлить условія и состоянія изслѣдуемаго предмета.

---

[1]) Phil. Trans. v. LI. p. 138; abridgment, v. XI. p. 355.

[2]) См. изслѣдованія Бунзена и Роско въ Phil. Trans. 1859, v. CXLIX. p. 880 etc., гдѣ они описываютъ постоянное пламя окиси углерода.

Быстрота прохожденія электричества по проводнику зависитъ главнымъ образомъ отъ индуктивной способности окружающихъ веществъ и, если нѣтъ въ виду техническихъ или какихъ нибудь особенныхъ цѣлей, то не можетъ повести ни къ чему измѣреніе скоростей, которыя въ нѣкоторыхъ случаяхъ бываютъ во сто разъ болѣе, чѣмъ въ другихъ. Но максимумъ скорости движенія электричества по проводникамъ есть вѣроятно постоянное количество, имѣющее большую научную важность, и по опредѣленію Клерка Максуэлля въ 1868 составляетъ 174,800 миль (англ.) въ секунду, или немногимъ менѣе скорости свѣта. Истинная точка кипѣнія воды есть та точка, на которой основывается практическая термометрія, и въ высшей степени важно опредѣлить эту точку относительно абсолютной термометрической скалы. Но когда нагрѣвается совершенно чистая и свободная отъ воздуха вода, тогда повидимому нѣтъ опредѣленнаго предѣла температуры, до котораго она можетъ достигнуть, и дѣйствительно было наблюдаема температура ея въ 180° Ц. Такія температуры конечно не требуютъ точнаго измѣренія. Всѣ метеорологическія измѣренія зависящія отъ случайнаго состоянія неба имѣютъ гораздо меньше важности, чѣмъ физическія измѣренія, въ которыя не вмѣшиваются такія случайныя состоянія. Многія глубокія изслѣдованія зависятъ отъ нашего знанія лучистой энергіи постоянно изливаемой солнцемъ на землю; но она должна быть измѣряема, когда небо совершенно ясно и поглощеніе атмосферы доходитъ до минимума. Малѣйшее вмѣшательство облаковъ отнимаетъ цѣну у такого измѣренія, исключая тѣхъ случаевъ, когда оно производится для метеорологическихъ цѣлей, которыя имѣютъ гораздо меньше важности и общности. Точно также рѣдко приноситъ пользу измѣреніе высоты покрытой снѣгомъ горы въ футахъ, когда толщина одного только снѣга можетъ измѣнить высоту ея на 25 футовъ и болѣе и когда поэтому высота ея остается неопредѣленной на эту величину[1]).

Сохраненіе одинаковости условій.

Наша послѣдняя цѣль въ индукціи состоитъ въ томъ, чтобы узнать полное отношеніе между условіями и дѣйствіемъ; но это отношеніе вообще бываетъ такъ сложно, что мы можемъ уловить его только въ частностяхъ. Мы должны, насколько это возможно, каждый разъ ограничиваться измѣненіемъ только одного условія и устанавливать отдѣльное отношеніе между каждымъ условіемъ и дѣйствіемъ. Это во всякомъ случаѣ есть первый шагъ приближенія къ полному закону, и дальнѣйшій вопросъ долженъ состоять въ томъ, до какой степени одновременное измѣненіе многихъ условій измѣняетъ ихъ отдѣльныя дѣйствія. Впрочемъ во многихъ экспериментахъ бываетъ только одно условіе, которое мы желаемъ изучать, а другія составляютъ помѣхи, которыя было бы желательно устранить. Одно изъ условій движенія маятника есть сопротивленіе воздуха или другой среды, въ которой онъ качается; но когда Ньютонъ желалъ доказать одинаковое тяготѣніе всѣхъ веществъ, тогда воздухъ для него былъ не нуженъ. Его цѣлью было наблюденіе одной только силы; и такъ бываетъ во многихъ другихъ опытахъ. Поэтому одна изъ самыхъ важныхъ предосторожностей при изслѣдованіи состоитъ въ томъ, чтобы сохранять постоянными всѣ условія, исключая того, которое изучается. Удивительно искусный экспериментаторъ Джильбертъ выражался объ этомъ такъ: «всегда необходимъ одинаковый препаратъ, одинаковой формы и одинаковой величины, потому что при различныхъ и неодинаковыхъ обстоятельствахъ опытъ будетъ сомнителенъ» [1]).

---

[1]) Гумбольдтъ, Cosmos, v. I. p. 7.

Въ рѣшающемъ опытѣ Ньютона были сохраняемы одинаковыя условія съ простотою характеризующею высшее искуство. Маятники, качанія которыхъ были сравниваемы между собою, состояли изъ одинаковыхъ деревянныхъ коробокъ, повѣшенныхъ на одинаковыхъ ниткахъ и наполненныхъ различными веществами, такъ что общіе вѣса ихъ были равны и центры качанія находились на одинаковомъ разстояніи отъ точекъ привѣса. Поэтому сопротивленіе воздуха становилось дѣломъ почти безразличнымъ, потому что такъ какъ внѣшній объемъ и форма маятниковъ были одинаковы, то и абсолютная сила сопротивленія была одинакова, если только маятники качались съ одинаковою скоростью. Поэтому, если бы была замѣчена какая нибудь разница въ качаніяхъ двухъ маятниковъ, то она должна была происходить только отъ одного обстоятельства, которое было различно, именно отъ химической природы вещества находящагося въ коробкѣ. Такъ какъ не было наблюдаемо никакой разницы, то значитъ химическая природа веществъ не имѣетъ замѣтнаго вліянія на силу тяготѣнія [2]).

Прекрасный опытъ былъ придуманъ Джоулемъ для доказательства того, что потеря или пріобрѣтеніе газомъ теплоты связаны не только съ измѣненіемъ его объема и плотности, но и съ полученною или отданною газомъ энергіей. Два крѣпкихъ сосуда соединенныхъ трубкою съ запирающимся краномъ были помѣщены въ воду, послѣ того какъ изъ одного изъ нихъ былъ выкачанъ воздухъ, а въ другомъ сгущенъ до двадцати атмосферъ. Весь аппаратъ былъ затѣмъ приведенъ къ одинаковой температурѣ посредствомъ перемѣшиванія воды, и когда температура была точно опредѣлена, кранъ былъ открытъ, такъ что воздухъ вдругъ расширился и наполнилъ равномѣрно оба сосуда. Когда попробовали температуру воды, то оказалось, что она почти не измѣнилась. Затѣмъ опытъ былъ повторенъ въ совершенно такихъ же условіяхъ, за исключеніемъ того, что сосуды были помѣщены въ разныя водяныя ванны. При этомъ въ сосудѣ, изъ котораго выходилъ воздухъ, развился холодъ, и почти совершенно равное количество теплоты явилось въ томъ сосудѣ, въ который переходилъ воздухъ. Такимъ образомъ Джоуль ясно показалъ, что разрѣженіе воздуха производитъ столько же теплоты, сколько и холода, и что только тогда, когда исчезаетъ механическая энергія, происходитъ развитіе теплоты [1]. Но мы желали указать здѣсь не столько на результатъ опыта, сколько на тотъ простой способъ, по которому только одно измѣненіе въ аппаратѣ, именно отдѣленіе массъ воды окружавшей сосуды, могло дать указанія крайней важности.

---

[1]) Джильбертъ. De Magnete, 109.

[2]) Principia, кн. III. пол. VI.

Коллективные эксперименты.

Есть интересный классъ опытовъ, которые даютъ намъ возможность получить нѣсколько количественныхъ результатовъ въ одинъ разъ. Говоря вообще, каждый опытъ даетъ намъ только одно число и прежде чѣмъ мы приступимъ къ настоящему процессу умозаключенія, мы должны старательно повторять измѣреніе за измѣреніемъ, до тѣхъ поръ пока не будемъ имѣть возможности построить кривую измѣненія одного количества взависимости отъ измѣненій другаго. Мы можемъ иногда сократить этотъ трудъ, заставляя количество измѣняться въ различныхъ частяхъ одного и того же аппарата на всякую требуемую величину. Наблюдая высоту, до которой подымается вода вслѣдствіе притяженія стекляннаго сосуда, мы можемъ взять рядъ стеклянныхъ трубокъ различнаго калибра и измѣрить высоту, до которой она поднимается въ каждой. Но если мы возьмемъ двѣ стеклянныхъ пластинки и поставимъ ихъ вертикально въ воду, такъ чтобы онѣ соприкасались однимъ изъ своихъ вертикальныхъ краевъ и были слегка раздвинуты на противуположномъ краю, тогда промежутокъ между пластинками увеличивается отъ одного края къ другому, проходя всѣ промежуточныя величины, и вода, поднимаясь въ каждой точкѣ до соотвѣтствующей высоты, производитъ своею верхнею поверхностью гиперболическую кривую.

---

[1] Phil. Mag. 3 ser., v. XXVI. p. 375.

Поглощеніе свѣта при прохожденіи черезъ окрашенную жидкость можно отлично наблюдать, если помѣстить жидкость въ сосудъ имѣющій клинообразную форму, такъ чтобы мы могли имѣть сразу и наблюдать множество слоевъ жидкости безконечно различной толщины. Какъ замѣтилъ Ньютонъ, красная жидкость, если ее разсматривать такимъ образомъ, имѣетъ блѣдно желтый цвѣтъ въ самой тонкой части и переходитъ черезъ оранжевый въ красный, который постепенно принимаетъ болѣе густой и темный оттѣнокъ [1]). Это явленіе можно наблюдать и въ винномъ бокалѣ конической формы. Призматическое разложеніе свѣта такими клинообразными сосудами объясняетъ это явленіе, показывая погрессивное поглощеніе разныхъ лучей спектра, какъ это было изслѣдовано Гладстономъ [2]).

Движущееся тѣло можно иногда заставить, чтобы оно само обозначало свой путь, подобно падающей звѣздѣ, которая оставляетъ за собою хвостъ. Также точно наклонная струя воды представляетъ самымъ яснымъ образомъ параболическій путь летящаго ядра. Въ калейдофонѣ Уитстона кривыя, производимыя комбинаціей вибрацій различной величины, представлены посредствомъ блестящихъ отражающихъ пуговицъ помѣщенныхъ на верхушкахъ проволокъ разной формы. Движенія совершаются столь быстро, что глазъ получаетъ впечатлѣніе отъ проходимаго ими пути какъ отъ полнаго цѣлаго, подобно тому какъ тлѣющая лучина, если ее быстро вертѣть кругомъ, производитъ впечатлѣніе непрерывнаго круга. Законы электрической индукціи проявляются наглядно, если желѣзные опилки подвергнуть вліянію магнита; тогда они располагаются по кривымъ, соотвѣтствующимъ тому, что Фаредей назвалъ линіями магнитной силы. Когда Фаредею нужно было опредѣлить, что онъ разумѣетъ подъ его линіями силы, то онъ долженъ былъ обратиться къ опилкамъ. «Подъ магнитными кривыми, говоритъ онъ, я разумѣю линіи магнитныхъ силъ, по которымъ располагаются желѣзные опилки [3]).» Робинзонъ еще прежде получилъ подобныя же кривыя дѣйствіемъ электричества отъ тренія, и на основаніи математическаго изслѣдованія формъ такихъ кривыхъ мы можемъ заключить, что магнитныя и электрическія притяженія повинуются общему закону истеченія, т. е. бываютъ обратно пропорціональны квадрату разстоянія. Въ электрической щеткѣ мы имѣемъ такое же наглядное представленіе законовъ электрическаго притяженія.

---

[1]) Opticks, 3 ed. p. 159.

[2]) Уаттсъ, Dictionary of Chemistry, v. III. p, 637.

[3]) Faraday's Life, Бенса Джонса, v. II. p. 5.

Есть много отдѣловъ науки, въ которыхъ коллективные опыты были производимы съ большою выгодою. Электрическія фигуры Лихтенберга, производимыя порошкомъ, разсыпаннымъ по наэлектризованному смоляному кругу, и показывающія состояніе послѣдняго, навели Хладни на мысль сдѣлать очевидною вибрацію пластинокъ, посыпавши ихъ пескомъ. Песокъ собирается въ тѣхъ пунктахъ, гдѣ существуетъ наименьшее движеніе и мы съ перваго же взгляда получаемъ понятіе о волнообразныхъ движеніяхъ пластинки. Этому же методу экспериментированія мы обязаны прекрасными наблюденіями Савара. Великолѣпныя цвѣтныя фигуры являющіяся въ кристаллическихъ пластинкахъ, изслѣдуемыхъ въ поляризованномъ свѣтѣ, представляютъ болѣе сложный примѣръ такого же рода изслѣдованій. Они повели Брьюстера и Френеля къ объясненію свойствъ оптическихъ осей въ кристаллахъ. Неодинаковая теплопроводимость въ кристаллическихъ веществахъ была показана подобнымъ же образомъ, именно былъ наведенъ тонкій слой воска на пластинку кристалла и нагрѣвалась одна какая-нибудь точка ея. Тогда воскъ таялъ круглыми или эллиптическими площадками, смотря по тому, была ли равномѣрна или нѣтъ скорость проведенія теплоты. Но не нужно забывать, что Ньютоновы кольца были раннимъ и самымъ важнымъ примѣромъ изслѣдованій этого рода и сразу показывали дѣйствіе интерференціи свѣтовыхъ волнъ всѣхъ величинъ. Гершель всѣмъ такимъ благопріятнымъ случаямъ наблюденія сразу и прямо результатовъ общаго закона далъ названіе *коллективныхъ примѣровъ* [1]), а я предлагаю принять для нихъ названіе *коллективныхъ опытовъ*.

Такіе опыты во многихъ случаяхъ даютъ только первыя указанія относительно природы изслѣдуемаго закона, но не допускаютъ никакихъ точныхъ измѣреній. Параболическая форма водяной струи повела Галилея къ его взглядамъ относительно полета ядра; но она не могла бы служить въ настоящее время для точнаго изслѣдованія законовъ тяжести. Едва-ли капилярное притяженіе могло бы быть точно измѣрено при употребленіи стеклянныхъ пластинокъ сближенныхъ между собою, и трубки вѣроятно болѣе природны для точнаго изслѣдованія. Какъ общее правило, эти коллективные опыты очень полезны для популярныхъ разъясненій. Но когда кривыя имѣютъ опредѣленный и постоянный характеръ, какъ напр. въ цвѣтныхъ фигурахъ производимыхъ кристаллическими пластинками, то они допускаютъ точное изслѣдованіе. Ньютоновы кольца и каймы дифракціи могутъ быть измѣряемы весьма точно.

---

[1]) Preliminary Discourse, etc. p. 185.

Къ коллективнымъ опытамъ мы можемъ отнести и тѣ, посредствомъ которыхъ мы дѣлаемъ видимыми движенія газа или жидкости, распространяя въ нихъ какое-нибудь непрозрачное вещество. Движенія воздуха часто могутъ быть изучаемы при помощи дыма, какъ напр. производятъ кольца и струи дыма. Для той же цѣли относительно жидкостей иногда употребляется плаунное сѣмя. Чтобы наблюдать смѣшиваніе токовъ или слоевъ жидкости, я употреблялъ весьма слабые растворы обыкновенной соли и азотнокислаго серебра, которые приходя въ соприкосновеніе производятъ замѣтную муть [1]. Атмосферныя облака часто обнаруживаютъ для насъ движенія большихъ массъ воздуха, которыя иначе были бы незамѣтны.

Періодическія измѣненія.

Очень обширный классъ составляютъ изслѣдованія касающіяся періодическихъ измѣненій. Періодическимъ явленіемъ мы называемъ такое, которое при равномѣрномъ измѣненіи *измѣняющагося* возвращается спустя нѣсколько времени къ той же самой первоначальной величинѣ. Если мы качнемъ маятникомъ, то онъ немедленно возвращается къ той точкѣ, съ которой мы качнули его и между тѣмъ какъ время, измѣняющееся, течетъ равномѣрно, онъ продолжаетъ дѣлать размахи туда и сюда, пока не остановится вслѣдствіе разсѣянія своей энергіи. Если одно тѣло въ пространствѣ приближается къ другому тѣлу, то они будутъ двигаться одно вокругъ другаго по эллиптическимъ орбитамъ и возвращаться неопредѣленное число разъ къ однимъ и тѣмъ же положеніямъ. Съ другой стороны тѣло, брошенное въ пустомъ пространствѣ и не подвергающееся дѣйствію никакой посторонней силы, двигалось бы вѣчно по прямой линіи согласно первому закону движенія. Въ послѣднемъ случаѣ измѣненіе называется *вѣковымъ*, потому что оно продолжается одинаковымъ образомъ въ теченіи вѣковъ и не представляетъ никакого περίοδος или хожденія кругомъ. Сомнительно, есть ли дѣйствительно во вселенной какое-нибудь движеніе, которое бы не было періодическимъ. Гербертъ Спенсеръ уже давно принялъ доктрину, что всякое движеніе въ концѣ концовъ ритмично [2], и можно привести много доказательствъ въ пользу этого взгляда.

Такъ называемое вѣковое ускореніе движенія луны есть несомнѣнно періодическое и такъ какъ, насколько намъ извѣстно, ни одно тѣло не находится внѣ вліянія притягательной силы другихъ тѣлъ, то прямолинейное движеніе становится чисто гипотетическимъ или по крайней мѣрѣ крайне невѣроятнымъ. Всѣ движенія всѣхъ звѣздъ должны имѣть тенденціи стать періодическими. Хотя нѣкоторыя возмущенія въ планетной системѣ и кажутся равномѣрно прогрессирующими, однако же признается, что Лапласъ доказалъ, что они дѣйствительно имѣютъ свои границы, такъ что по истеченіи громаднаго промежутка времени всѣ планетныя тѣла могутъ возвратиться на тѣ же самыя мѣста и устойчивость системы можно считать обезпеченною. Такая теорія періодической устойчивости и прочности есть только гипотеза и не принимаетъ въ соображеніе явленій производящихъ разсѣяніе энергіи, которое на дѣлѣ можетъ быть вѣковымъ процессомъ. Для нашей настоящей цѣли намъ нѣтъ надобности рѣшать здѣсь эти вопросы. Всякая перемѣна, которая не представляетъ періодическаго характера, можетъ считаться эмпирически вѣковой перемѣной, такъ что можетъ быть множество не-періодическихъ измѣненій.

---

[1] Phil. Mag. July, 1857. 4 ser., v. XIV p. 24.

[2] First Principles, 3 ed. ch. X. p. 253.

Измѣненія, которыя мы производимъ экспериментально, часто бываютъ не-періодическими. Когда мы сообщаемъ теплоту газу, то увеличивается его объемъ или его упругость и чѣмъ выше будетъ подниматься температура, тѣмъ больше будетъ упругость. Наши опыты съ температурой конечно имѣютъ предѣлы какъ вверху, такъ и внизу, но есть основаніе думать, что при постоянномъ объемѣ упругость никогда не возвратится къ одной и той же точкѣ при какихъ нибудь двухъ различныхъ температурахъ. Мы конечно можемъ нѣсколько разъ повышать и понижать температуру черезъ правильные или не правильные промежутки совершенно по своему произволу, и соотвѣтственно этому будетъ измѣняться упругость газа черезъ совершенно такіе же промежутки; но эта произвольная серія перемѣнъ не составляетъ періодическаго измѣненія. Она представляетъ рядъ отдѣльныхъ опытовъ, которые поставили бы выше всякаго резоннаго сомнѣнія существованіе связи между причиною и дѣйствіемъ.

Если явленіе повторяется черезъ равные или почти равные промежутки времени, то по теоріи вѣроятности это есть значительное доказательство связи, потому что если бы повторенія были совершенно случайны, то не вѣроятно, чтобы они случались черезъ равные промежутки. Тотъ фактъ, что блестящая комета являлась въ 1301, 1378, 1456, 1531, 1607 и 1682 годахъ, представляетъ значительную вѣроятностъ въ пользу тожества этого небеснаго тѣла не говоря уже о сходствѣ орбиты. Ничто такъ не поражаетъ вниманія людей, какъ появленіе время отъ времени необычайныхъ явленій. Вещи и явленія всегда одинаковыя, подобно горамъ и долинамъ, не возбуждаютъ любопытства въ массѣ людей. Лапласъ замѣтилъ, что даже въ настоящее время восхожденіе Венеры въ ея самой блестящей фазѣ всегда возбуждаетъ удивленіе и интересъ. Нельзя сомнѣваться въ томъ, что первый зародышъ науки былъ въ томъ вниманіи, которое восточные народы обращали на измѣненія луны и движенія планетъ. Вѣроятно самое раннее астрономическое открытіе состояло въ томъ, что было доказано тожество утренней и вечерней звѣзды на основаніи сходства ихъ вида и неизмѣнно попеременнаго ихъ появленія [1]). Халдеи понимали періодическія измѣненія и нѣсколько болѣе сложнаго характера, потому что они знали циклъ въ 6585 дней или 19 лѣтъ, по прошествіи которыхъ новолуніе и полнолуніе приходятся въ одни и тѣ же дни, часы и даже минуты года. Самые раннія попытки научнаго предсказанія были основаны на этомъ знаніи, и если мы даже въ настоящее время не можемъ не удивляться точности предсказаній морскаго альманаха, то можно себѣ вообразить, какое удивленіе должны были возбуждать подобныя предсказанія въ древнія времена.

Комбинированныя періодическія измѣненія.

Рѣдко можно встрѣтить тѣло, подверженное только одному періодическому измѣненію и свободное отъ другихъ возмущеній. Мы можемъ ожидать, что само періодическое измѣненіе тоже подлежитъ измѣненію, которое можетъ быть вѣковымъ, хотя вѣроятнѣе, что оно окажется періодическимъ; также точно не можетъ быть предѣловъ усложненія періодовъ внѣ періодовъ или періодовъ внутри періодовъ, которое можетъ оказаться въ концѣ концовъ. При изученіи явленія ритмическаго характера передъ нами возникаетъ рядъ вопросовъ. Равномѣрно ли періодическое измѣненіе? Если неравномѣрно, то нѣтъ ли равномѣрности въ самомъ измѣненіи? Если нѣтъ, то не періодично ли само измѣненіе? И этотъ новый періодъ равномѣренъ ли, или подлежитъ какому нибудь измѣненію? и т. д. до безконечности.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ можетъ быть нѣсколько отдѣльныхъ причинъ періодическихъ измѣненій и согласно принципу сложенія малыхъ дѣйствій, который будетъ разсмотрѣнъ впослѣдствіи, эти періодическія измѣненія просто соединяются вмѣстѣ, или приблизительно соединяются и соединенный результатъ можетъ представлять весьма сложный предметъ изслѣдованія. Приливы-отливы океана состоятъ изъ ряда соединенныхъ волнъ. Въ числѣ ихъ находятся не только обыкновенныя полусуточныя волны причиняемыя луною и солнцемъ, но еще цѣлый рядъ меньшихъ волнъ, каковы лунная суточная, солнечная суточная, лунная мѣсячная, лунная двухнедѣльная, солнечная годичная и солнечная полугодичная, которыя были постепенно открыты трудами Томсона, Гофтона и другихъ.

---

[1]) Лапласъ, *Система Міра*, англійск. пер. т. I. стр. 50, 54 и пр.

Измѣняющіяся звѣзды представляютъ интересныя періодическія явленія. Въ то время какъ нѣкоторыя звѣзды, напр. δ Цефея, представляютъ весьма правильныя измѣненія, другія подобно Мирѣ Кита менѣе постоянны въ силѣ блеска и въ быстротѣ измѣненій вѣроятно вслѣдствіе какого нибудь продолжительнаго измѣненія [1]). Звѣзда β Лиры представляетъ двойной maximum и minimum въ каждый изъ своихъ періодовъ въ 13 дней приблизительно, и со времени открытія этого измѣненія періодъ его увеличился. «Сначала измѣненіе шло болѣе быстро, затѣмъ оно постоянно становилось медленнѣе; и это уменьшеніе въ продолжительности періода достигла своей границы между 1840 и 1844 годами. Въ теченіи этого времени періодъ оставался почти неизмѣннымъ; но теперь онъ снова рѣшительно увеличивается [2]).» Наблюденіе надъ такими сложными измѣненіями представляетъ безграничное поле для интересныхъ изслѣдованій. Число такихъ уже извѣстныхъ измѣняющихся звѣздъ значительно и нѣтъ основанія думать, чтобы до сихъ поръ была открыта какая нибудь значительная часть всего числа.

Принципъ подчиненныхъ колебаній.

Изслѣдованія связи между періодическими причинами и дѣйствіями основываются на принципѣ, который былъ доказанъ Д. Гершелемъ для нѣкоторыхъ частныхъ случаевъ и былъ вполнѣ разъясненъ имъ во многихъ его сочиненіяхъ [3]). Принципъ этотъ можетъ быть формулированъ такимъ образомъ: «Если одна часть какой нибудь системы связанной или матеріальною связью или взаимнымъ притяженіемъ ея членовъ будетъ постоянно удерживаема какою нибудь причиною, или внутреннею входящею въ строеніе самой системы или внѣшнею относительно ея, въ состояніи правильнаго періодическаго движенія, то это движеніе распространится на всю систему и произведетъ въ каждомъ членѣ ея и въ каждой части каждаго члена періодическія движенія, совершающіяся въ періоды равные періодамъ того движенія, которое произвело ихъ, хотя и не необходимо одновременные (синхроничные) съ нимъ въ наибольшихъ и наименьшихъ фазахъ (въ maxima и minima)». Смыслъ этого положенія тотъ, что дѣйствіе періодической причины будетъ также періодично и будетъ появляться въ промежутки равные промежуткамъ причины. Поэтому если мы находимъ, что два явленія съ теченіемъ времени проходятъ черезъ рядъ измѣненій одинаковой періодичности, то должны видѣть въ этомъ большую вѣроятность въ пользу того, что они находятся въ связи между собою. Этимъ конечно способомъ Плиній вѣрно умозаключилъ, что причина приливовъ и отливовъ лежитъ въ солнцѣ и лунѣ, потому что промежутки между послѣдовательными высокими волнами прилива равны промежуткамъ между прохожденіями луны черезъ меридіанъ. Кеплеръ и Декартъ также допускали эту связь еще раньше, чѣмъ Ньютонъ разъяснилъ ея настоящую природу. Когда Брадлей открылъ видимое движеніе звѣздъ происходящее отъ аберраціи свѣта, то сейчасъ же сталъ приписывать его годичному движенію земли, потому что оно проходило черезъ свои фазы въ теченіи года.

---

[1]) Гершель Outlines of Astronomy, 4 ed. p. 555—557.

[2]) Гумбольдтъ, *Космосъ*, т. III. с. 229.

[3]) Encyclopaedia Metropolitana, стат. Sound § 323; Outlines of Astronomy, 4 ed. § 650. p. 410, 487—88; Meteorology, Encyclopaedia Britannica, Reprint, p. 197.

Самый лучшій примѣръ индукціи относительно періодическихъ измѣненій, какой только можетъ быть приведенъ, представляетъ открытіе 11-ти лѣтняго періода въ различныхъ метеорологическихъ явленіяхъ. Едвали можно найти два другія явленія, которыя повидимому имѣли бы между собою менѣе связи, чѣмъ солнечныя пятна и сѣверныя сіянія. Еще въ 1826 г. Швабе началъ правильный рядъ наблюденій надъ солнечными пятнами, продолженныхъ имъ до настоящаго времени и показавшихъ ему, что въ періоды величиною около 11 лѣтъ солнечныя пятна увеличиваются въ числѣ и величинѣ. Едва только стало извѣстнымъ это открытіе, какъ Ламонъ указалъ почти такой же періодъ измѣненія въ склоненіи магнитной стрѣлки. Затѣмъ было показано, что магнитныя бури или внезапныя возмущенія магнитной стрѣлки гораздо чаще случаются въ это время, когда солнечныхъ пятенъ бываетъ больше, и такъ какъ сѣверныя сіянія обыкновенно совпадаютъ съ магнитными бурями, то и они были включены въ общій циклъ этихъ явленій. Впослѣдствіи Піацци Смитъ и Е. Д. Стоне показали, что и температура земной поверхности, показываемая опущенными въ землю термометрами, даетъ нѣкоторыя указанія на существованіе и для нея такого же періода. Разъ установлено существованіе періодической причины, мы уже можемъ ожидать на основаніи принципа подчиненныхъ вибрацій (колебаній), что вліяніе ея будетъ открыто во всѣхъ метеорологическихъ явленіяхъ.

Суммированныя измѣненія.

Разсматривая различные виды зависимости одного дѣйствія отъ другаго, мы должны отнести къ особому классу тѣ, которые проистекаютъ отъ накопляющихся дѣйствій постоянно дѣйствующей причины. Когда вода вытекаетъ изъ резервуара, то скорость движенія зависитъ по теоремѣ Торичелли отъ высоты столба жидкости надъ отверстіемъ; но количество воды вытекающей изъ резервуара въ данное время зависитъ отъ совокупнаго результата этой скорости и можетъ быть опредѣлено только посредствомъ математическаго процесса интегрированія. Когда одно тяготѣющее тѣло падаетъ къ другому, то сила тяжести измѣняется обратно пропорціонально квадрату разстоянія; но чтобы получить развившуюся скорость, мы должны интегрировать или суммировать дѣйствія этого закона; и чтобы получить пространство пройденное тѣломъ въ данное время, мы также должны интегрировать.

То же самое различіе нужно имѣть въ виду и при періодическихъ измѣненіяхъ. Нагрѣвающая способность солнечныхъ лучей на какомъ-нибудь мѣстѣ земли измѣняется ежедневно смотря по высотѣ солнца и бываетъ наибольшею въ полдень; но температура воздуха въ это время не бываетъ наибольшею. Эта температура есть собирательное дѣйствіе нагрѣвающей способности солнца, и все время, пока солнце можетъ давать воздуху больше теплоты, чѣмъ сколько онъ теряетъ ея другими способами, температура продолжаетъ повышаться, такъ что достигаетъ максимума уже около 3 часовъ пополудни. Подобнымъ же образомъ самый жаркій день въ году бываетъ большею частью около мѣсяца спустя послѣ лѣтняго солнцестоянія и всѣ времена года отстаютъ отъ движеній солнца почти на мѣсяцъ. Также и въ приливахъ дѣйствіе притягательной силы луны никогда не бываетъ наибольшимъ тогда, когда эта сила бываетъ наибольшею; дѣйствіе всегда болѣе или менѣе отстаетъ отъ причины. Однако промежутки между послѣдовательными приливами бываютъ, при отсутствіи возмущеній, равны промежуткамъ между прохожденіями луны черезъ меридіанъ. Такимъ образомъ принципъ подчиненныхъ колебаній оказывается вѣрнымъ.

Но въ періодическихъ явленіяхъ иногда получаются любопытные результаты отъ суммированія дѣйствій. Если мы ударимъ маятникъ и затѣмъ время отъ времени будемъ повторять удары во время одной и той же фазы качанія, то всѣ удары будутъ содѣйствовать увеличенію количества движенія и мы можемъ такимъ образомъ увеличить размахъ и силу качаній до какой угодно степени. Мы можемъ также и остановить маятникъ посредствомъ ударовъ, дѣлаемыхъ тогда, когда онъ движется въ противоположномъ направленіи, и дѣйствія ударовъ, соединяясь вмѣстѣ, скоро заставятъ его остановиться. Но если мы измѣнимъ промежутки ударовъ такъ, чтобы каждые два послѣдовательные удара дѣйствовали противоположнымъ образомъ, то они нейтрализуютъ другъ друга и истраченная на нихъ энергія превратится въ теплоту или звукъ въ точкѣ удара. Подобныя дѣйствія встрѣчаются во всѣхъ случаяхъ ритмическаго движенія. Если въ комнатѣ, въ которой находится фортепіано, произвести какой-нибудь музыкальный тонъ, то струна соотвѣтствующая ему начнетъ вибрировать и звучать, потому что каждый послѣдовательный ударъ звуковыхъ волнъ о струну находитъ ее въ одинаковомъ положеніи относительно вибраціи и такимъ образомъ все увеличиваетъ энергію ея движенія. Но другія струны, такъ какъ они не могутъ вибрировать съ такою же быстротою, получаютъ удары въ различныхъ фазахъ своихъ вибрацій и потому дѣйствіе одного удара нейтрализуется противоположнымъ дѣйствіемъ другаго. Всѣ явленія *резонанса* происходятъ отъ подобнаго совпаденія по времени звуковыхъ волнъ. Воздухъ въ трубкѣ закрытой на одномъ концѣ и имѣющей 12 дюймовъ длины можетъ произвести 512 звуковыхъ колебаній въ секунду. Поэтому если противъ открытаго конца звучитъ нота С, то каждая звуковая вибрація содѣйствуетъ движенію воздуха ея и усиливаетъ его. Если же трубка имѣетъ другую длину, то толчки воздуха ударяются другъ о друга, и механическая энергія, превратившись въ теплоту, уже не обнаруживается и не воспринимается какъ звукъ.

Суммируемыя подобнымъ образомъ вибраціи иногда бываютъ столь сильны, что ведутъ къ неожиданнымъ результатамъ. Стекляный сосудъ, если по нему провести смычкомъ въ надлежащемъ мѣстѣ, иногда разлетается въ дребезги вслѣдствіе особенной силы звуковыхъ вибрацій. Висячій мостъ можетъ обрушиться, если по немъ будетъ проходить рота солдатъ, интервалы шаговъ которыхъ совпадаютъ съ качаніями самаго моста. Но если они идутъ не одинаковымъ шагомъ, но ускоряютъ или замедляютъ его, тогда проходъ ихъ не обнаруживаетъ замѣтнаго дѣйствія на мостъ. И вообще, если импульсы сообщаемые какому-нибудь вибрирующему тѣлу одновременны съ его вибраціями, то энергія этихъ вибрацій можетъ усиливаться безгранично и можетъ разорвать тѣло.

Теперь посмотримъ, что произойдетъ, если промежутки между ударами будутъ не вполнѣ равны вибриціямъ тѣла, а будутъ нѣсколько меньше. Тогда рядъ ударовъ будетъ встрѣчать тѣло приблизительно хотя и не совершенно въ одномъ и томъ же положеніи, и ихъ дѣйствія будутъ суммироваться или накопляться. Но затѣмъ удары будутъ падать на тѣло тогда, когда оно находится въ противоположной фазѣ. Вообразимъ себѣ, что въ маятникъ движущійся отъ одной крайней точки до другой въ теченіи секунды ударяетъ другой маятникъ, который дѣлаетъ 61 качаніе въ минуту; тогда, если маятники начали качаться вмѣстѣ, они послѣ $30^1/_2$ качаній будутъ двигаться въ противоположныхъ направленіяхъ. Поэтому вся энергія сообщенная въ теченіи первой полуминуты будетъ нейтрализована противоположнымъ дѣйствіемъ силы сообщенной въ теченіи второй полуминуты. Такимъ образомъ дѣйствіе ударовъ втораго маятника будетъ попеременно то усиливать, то ослаблять качанія перваго, такъ что получится новый видъ качанія, проходящаго черезъ свои фазы въ теченіи 61 секунды. Элликоттъ, наблюдая двое часовъ, дѣйствительно замѣтилъ подобнаго рода дѣйствіе ¹). Онъ нашелъ, что черезъ деревянную раму, посредствомъ которой были соединены часы, передавался слабый импульсъ и каждый маятникъ попеременно, то пріобрѣталъ, то терялъ количество движенія. И дѣйствительно, одни часы стремились въ теченіи правильныхъ періодовъ задерживать другіе, а въ промежуточныя времена другіе часы стремились задерживать ихъ самихъ.

Многія возмущенія въ планетной системѣ зависятъ отъ такого же принципа; потому что если одной планетѣ случается давать импульсъ другой въ одномъ и томъ же направленіи и въ подобныхъ частяхъ ея орбиты, то дѣйствія, какъ бы они ни были слабы, будутъ накопляться и получится наконецъ возмущеніе большой конечной величины и продолжительнаго періода. Продолжительное неравенство въ движеніяхъ Юпитера и Сатурна происходитъ отъ того, что взятое пять разъ среднее движеніе Сатурна почти равно взятому дважды среднему движенію Юпитера,—вслѣдствіе чего и бываетъ совпаденіе въ ихъ относительныхъ положеніяхъ и возмущающихъ дѣйствіяхъ. Боковая качка корабля зависитъ главнымъ образомъ отъ того, соотвѣтствуетъ ли періодъ качаній корабля промежуткамъ, въ которые ударяютъ въ него волны. Этимъ объясняются многіе случаи съ кораблями, при первомъ взглядѣ кажущіеся необъяснимыми, какъ, напримѣръ, гибель корабля «Captain».

---

¹) Phil. Trans., 1739, v. XLI. p. 126.

ГЛАВА XXI.

ТЕОРІЯ ПРИБЛИЖЕНІЯ.

Для того, чтобы составить себѣ вѣрное понятіе о родѣ, степени и цѣнности знанія пріобрѣтаемаго посредствомъ опытнаго изслѣдованія, мы должны вполнѣ сознать его приблизительный характеръ. Мы должны научиться отличать то, что мы можемъ знать, отъ того, чего не можемъ, отличать вопросы допускающіе рѣшеніе отъ тѣхъ вопросовъ, которые только кажутся разрѣшимыми. Многихъ можетъ вводить въ заблужденіе выраженіе *точная наука* и они могутъ подумать, что знаніе пріобрѣтаемое научными методами даетъ намъ возможность дойти до абсолютно вѣрныхъ законовъ и точныхъ до послѣдней степени. Существуетъ общераспространенная увѣренность, что какъ только къ какой-нибудь наукѣ съ успѣхомъ примѣнятъ математическія формулы, тотчасъ же знаніе сообщаемое ею принимаетъ новый характеръ и даетъ возможность дѣлать умозаключенія болѣе совершенныя, чѣмъ умозаключенія, дѣлаемыя въ тѣхъ наукахъ, къ которымъ еще не примѣнена математика.

Весьма удовлетворительная степень точности, достигнутая въ астрономіи, даетъ нѣкоторую правдоподобность ошибочному мнѣнію этого рода. Нѣкоторые считаютъ *доказаннымъ*, что планеты движутся по эллипсисамъ и что поэтому всѣ законы Кеплера совершенно вѣрны; но въ этомъ мнѣніи заключается двойная ошибка. Во первыхъ законы Кеплера *не доказаны*, если подъ доказательствомъ разумѣть подтвержденіе ихъ совершенной вѣрности и точности. Но если даже мы и признаемъ, что законы Кеплера совершенно вѣрны и точны, то планеты никогда не движутся согласно съ этими законами. Даже если бы мы могли наблюдать движенія планеты совершенно шарообразной формы и свободной отъ всякихъ возмущающихъ или замедляющихъ силъ, то и тогда не могли бы доказать, что она движется по совершенному эллипсису. Для доказательства эллиптической формы пути, мы должны были бы измѣрять безконечно малые углы и безконечно малыя дроби секунды, мы должны были бы сдѣлать невозможное. Все, что мы дѣйствительно въ состояніи были бы сдѣлать,—это показать, что движеніе невозмущаемой планеты *весьма близко* къ формѣ эллипсиса и тѣмъ ближе, чѣмъ точнѣе были произведены наши наблюденія. Но если бы мы стали утверждать, что путь планеты *есть* эллипсисъ, то мы пошли бы дальше нашихъ данныхъ и сдѣлали бы предположеніе, которое не могло бы быть повѣрено наблюденіемъ.

Во вторыхъ, извѣстно, что ни одна планета не движется по совершенному эллипсису и не доказываетъ точности Кеплеровыхъ законовъ. Законъ тяготѣнія самъ же мѣшаетъ ясному проявленію своихъ собственныхъ результатовъ, потому что взаимныя возмущенія планетъ искажаютъ эллиптическіе пути. Кромѣ того эти законы оказываются вѣрными только для безконечно малыхъ тѣлъ, а когда притягиваютъ другъ друга два такіе громадные шара, какъ солнце и Юпитеръ, то законъ долженъ быть видоизмѣненъ. Въ этомъ случаѣ, какъ показалъ Ньютонъ [1]), періодическое время сокращается на величину равную отношенію квадратнаго корня числа выражающаго массу солнца къ квадратному корню суммы чиселъ выражающихъ массы солнца и планеты. Еще въ настоящее время существуютъ разности между наблюденными размѣрами планетныхъ орбитъ и ихъ теоретическими величинами, если даже сдѣлать поправки на всѣ возмущающія причины [2]). Въ научномъ методѣ самое достовѣрное то, что мы можемъ ожидать только приблизительнаго совпаденія. При измѣреніи непрерывнаго количества совершенное совпаденіе можетъ быть только случайнымъ и скорѣе должно возбуждать подозрѣніе, чѣмъ увѣренность.

Замѣчательный результатъ приблизительнаго характера нашихъ наблюденій представляетъ то, что мы никогда не могли бы доказать существованія круговаго или параболическаго движенія, даже если бы оно и существовало. Кругъ есть частный случай эллипсиса, у котораго эксцентрицитетъ равенъ нулю; крайне невѣроятно, чтобы какая нибудь планета, даже не возмущаемая другими тѣлами, имѣла орбиту въ формѣ круга; но если бы орбита была кругомъ, то мы никогда не могли бы доказать совершеннаго отсутствія эксцентрицитета. Мы могли бы только сказать, что уклоненіе отъ формы круга незамѣтно. Деламбръ не въ состояніи былъ открыть даже малѣйшей эллиптичности въ орбитѣ перваго спутника Юпитера, но могъ только умозаключить, что орбита была *близка* къ кругу. Парабола есть особаго рода предѣлъ между эллипсисомъ и гиперболой. Такъ какъ есть эллиптическія и гиперболическія кометы, то мы можемъ представить себѣ существованіе и параболической кометы. И дѣйствительно, если бы ничѣмъ не возмущаемая комета шла къ солнцу съ безконечнаго рзэстоянія, то она двигалась бы по параболѣ; но мы никакъ не могли бы доказать, что таково именно ея движеніе.

---

[1]) Principia, кн. III. пол. 15.

[2]) Локайеръ, Lessons in Elementary Astronomy, p. 301.

Замѣна дѣйствительности простыми предположеніями.

Собственно говоря, люди никогда не могутъ разрѣшить задачъ, содержащихъ въ себѣ много сложныхъ обстоятельствъ природы. Всѣ законы и объясненія въ извѣстномъ смыслѣ гипотетичны и не примѣняются съ точностью ни къ чему такому, существованіе чего можетъ быть намъ извѣстно. Вмѣсто дѣйствительныхъ предметовъ, которые мы видимъ и ощущаемъ, математики берутъ воображаемые предметы только отчасти сходные съ тѣми, которые они должны представлять, но придуманные такъ, чтобы различіе ихъ не достигало такой величины, которая могла бы значительно измѣнить характеръ рѣшенія. Если мы разберемъ самую суть дѣла, то увидимъ, что физическая астрономія столь же гипотетична, какъ и элементы Эвклида. Въ природѣ могутъ существовать совершенныя прямыя линіи, совершенные треугольники, круги и другія правильныя геометрическія фигуры; для науки безразлично, существуютъ они или нѣтъ, потому что во всякомъ случаѣ они превышали бы наши способности воспріятія. Если бы мы подвергли совершенный кругъ самому тщательному изслѣдованію, то никакимъ образомъ не могли бы убѣдиться, совершенный ли онъ или нѣтъ. Тѣмъ не менѣе въ геометріи мы разсуждаемъ о совершенныхъ кривыхъ и прямолинейныхъ фигурахъ и полученныя заключенія примѣняемъ къ существующимъ предметамъ, насколько мы можемъ убѣдиться въ томъ, что они согласуются съ гипотетическими условіями нашего умозаключенія.

Несомнѣнно, что въ астрономіи мы имѣемъ наиболѣе точныя приближенія къ дѣйствительнымъ условіямъ. Законъ тяготѣнія не сложенъ самъ по себѣ, и мы съ большою вѣроятностью можемъ считать его совершенно точнымъ; но мы не можемъ въ какомъ нибудь дѣйствительномъ случаѣ вычислить его точные результаты. Законъ утверждаетъ, что каждая частичка матеріи во вселенной притягиваетъ всякую другую частичку съ силою зависящею отъ массъ частичекъ и ихъ разстояній. Мы можемъ узнать силу дѣйствующую на какую нибудь частичку не иначе, какъ узнавши напередъ массы, разстоянія и положенія всѣхъ другихъ частичекъ во вселенной. Физическій астрономъ дѣлаетъ поспѣшное предположеніе, что всѣ милліоны существующихъ системъ не производятъ возмущающихъ дѣйствій на нашу планетную систему, т. е. по крайней мѣрѣ замѣтныхъ дѣйствій. Поэтому вопросъ сразу же оказывается гипотетическимъ, такъ какъ можно подозрѣвать, что тяготѣніе между нашею системою и другими системами существуетъ. Даже когда астрономы разсматриваютъ отношенія тѣлъ нашей системы однихъ къ другимъ, и тогда всѣ ихъ разсчеты бываютъ только приблизительны. Прежде всего они предполагаютъ, что каждая изъ планетъ есть совершенный эллипсоидъ съ ровною поверхностью и однородною внутренностью. Но что такое предположеніе не вѣрно, это очевидно доказываетъ каждая гора и долина, каждое море, каждый рудникъ. Если астрономы хотятъ, чтобы ихъ вычисленія были совершенны, то они не только должны принять въ соображеніе Гималаи и Анды, но должны вычислить отдѣльно притяженіе каждаго холма, даже каждой муравьиной кучи. Они не только не принимаютъ въ соображеніе всѣхъ мѣстныхъ неровностей поверхности, но даже еще не рѣшили вопроса объ общей формѣ земли; и до сихъ поръ составляетъ предметъ теоретическихъ разсужденій то, есть ли земля эллипсоидъ съ тремя неравными осями. Если земной шаръ, какъ это вѣроятно, сжатъ неправильно въ какихъ-нибудь направленіяхъ, то астрономы должны снова передѣлать и исправить свои вычисленія, для того чтобы опредѣлить съ большею близостью къ истинѣ притягательную силу такого тѣла. Если мы не можемъ съ точностью узнать формы нашей собственной земли, то можемъ ли мы надѣяться узнать форму луны, солнца и другихъ планетъ, въ которыхъ неправильности по всей вѣроятности еще больше сравнительно?

Далѣе физическая астрономія просто приблизительна и гипотетична и въ другомъ смыслѣ. Когда дано нѣсколько однородныхъ эллипсоидовъ дѣйствующихъ другъ на друга по закону тяготѣнія, то самые лучшіе математики едва ли могутъ точно опредѣлить получающіяся въ результатѣ движенія, и они никогда ихъ не опредѣляли. Даже когда одновременно притягиваютъ другъ друга только три тѣла, то усложненіе ихъ дѣйствій бываетъ такъ велико, что могутъ быть сдѣланы только приблизительныя вычисленія. Астрономы даже и не пытались дать рѣшеніе общей задачи одновременныхъ притяженій четырехъ, пяти, шести или болѣе тѣлъ; они разлагаютъ общую задачу на нѣсколько различныхъ задачъ съ тремя тѣлами. Правило, которымъ руководствуются при вычисленіяхъ въ физической астрономіи, состоитъ въ томъ, чтобы оставлять безъ вниманія всякое количество, о которомъ съ вѣроятностью можно думать, что оно при наблюденіи не обнаружитъ замѣтнаго дѣйствія; и оставляемыя безъ вниманія количества гораздо болѣе многочисленны и сложны, чѣмъ тѣ немногія большія числа, которыя принимаются въ соображеніе. Все это, значитъ, только приблизительно.

Эти замѣчанія еще болѣе вѣрны относительно другихъ отраслей физики. Мы разсуждаемъ и дѣлаемъ вычисленія о несгибающихся брусьяхъ, не имѣющихъ протяженія линіяхъ, тяжелыхъ точкахъ, однородныхъ веществахъ, одинаковой формы шарахъ, совершенныхъ жидкостяхъ и газахъ и выводимъ множество прекрасныхъ теоремъ; но все это гипотетично. Нѣтъ такихъ вещей, какъ не сгибающійся брусъ, не имѣющая протяженія линія или какой нибудь другой изъ совершенныхъ предметовъ механической науки; они всѣ относятся къ категоріи тѣхъ миѳическихъ существъ — прямая линія, треугольникъ, кругъ и проч., о которыхъ такъ свободно разсуждалъ Эвклидъ. Возьмемъ самую простую операцію разсматриваемую въ статикѣ — употребленіе рычага для поднятія тяжелаго камня, и мы найдемъ, какъ показали Томсонъ и Тэтъ, что мы здѣсь оставляемъ безъ вниманія больше, чѣмъ наблюдаемъ ¹). Если мы предположимъ, что рычагъ нисколько не гнется, что подставка и камень совершенно тверды и точки соприкосновенія — совершенныя точки, то можемъ вѣрно опредѣлить отношеніе силъ. Но въ дѣйствительности рычагъ долженъ гнуться, а растяженіе и сжатіе различныхъ частей тоже представляетъ для насъ затрудненія. Даже если бы рычагъ былъ однороденъ во всѣхъ своихъ частяхъ, то и тогда не нашлось бы математической теоріи, при помощи которой можно было бы опредѣлить точно то, что здѣсь происходитъ; если же, что гораздо вѣроятнѣе, рычагъ не однороденъ, то полное рѣшеніе не только чрезвычайно усложняется, но становится еще болѣе безнадежнымъ. Едва только мы опредѣлимъ измѣненіе формы согласно простымъ механическимъ принципамъ, какъ открывается новая трудность, вліяніе термодинамическихъ условій. Сжатіе развиваетъ теплоту, а расширеніе холодъ и потому условія задачи совершенно измѣняются. Стараясь получить дальнѣйшее четвертое приближеніе, мы должны сдѣлать поправку на проведеніе теплоты отъ одной части рычага къ другой. Съ практической точки зрѣнія всѣ эти дѣйствія ничтожны и не оказываютъ вліянія, если рычагъ крѣпокъ; но съ теоретической точки зрѣнія они рѣшительно не позволяютъ намъ сказать, что мы разрѣшили естественную задачу. Способности человѣческаго ума, даже при помощи удивительныхъ сокращающихъ способовъ представляемыхъ аналитическими методами, не въ состояніи справиться съ усложненіями всякой реальной задачи. И если бы даже мы исчерпали всѣ извѣстныя явленія механической задачи, то могли ли бы послѣ этого утверждать, что въ самыхъ обыкновенныхъ дѣйствіяхъ не участвуютъ какія нибудь неизвѣстныя явленія до сихъ поръ еще не открытыя? Очевидно, что всякое явленіе можетъ попасть въ сферу нашихъ чувствъ только тогда, когда оно обладаетъ количествомъ движенія способнымъ вызвать раздраженіе въ соотвѣтствующихъ нервахъ. Поэтому могутъ быть

---

¹) Treatise on Natural Philosophy, v. I, p. 337 etc.

цѣлые міры явленій слишкомъ мелкихъ для того, чтобы дойти до нашего сознанія.

Всѣ инструменты, которыми мы производимъ наши измѣренія, невѣрны. Мы предполагаемъ, что отвѣсъ даетъ намъ вертикальную линію, но это никогда не бываетъ вѣрно въ абсолютномъ смыслѣ вслѣдствіе притяженія горъ и другихъ неровностей на поверхности земли. При точныхъ тригонометрическихъ измѣреніяхъ нужно опредѣлить приблизительно уклоненія линіи отвѣса и дѣлать соотвѣтствующія поправки. Мы предполагаемъ, что поверхность ртути есть совершенная плоскость; но даже при величинѣ ея въ 5 дюймовъ вычислимое уклоненіе отъ истинной плоскости составляетъ около одной десятимилліонной дюйма; и эта поверхность еще болѣе уклоняется отъ истинной горизонтальности, чѣмъ линіи отвѣса отъ истинной вертикальной линіи. Самый совершенный инструментъ, маятникъ, теоретически несовершеннъ, исключая только безконечно малыхъ дугъ качаній и тонкіе опыты произведенные съ крутительными вѣсами основывались на томъ предположеніи, что сила кручѣнія проволоки пропорціональна углу крученія,—что опять вѣрно только для безконечно малыхъ угловъ.

Всѣ наши операціи имѣютъ до такой степени чисто приблизительный характеръ, что нерѣдко оказывается, что теоретически худшій методъ даетъ болѣе вѣрные результаты, чѣмъ теоретически совершенный методъ. Обыкновенный не изохроничный маятникъ гораздо лучше для практическихъ цѣлей, чѣмъ циклоидальный маятникъ, который изохрониченъ въ теоріи, но представляетъ механическія трудности. Сферическая форма не есть надлежащая форма для зеркала или чечевицы, но она такъ мало отличается отъ надлежащей формы, и такъ легко получается механически, что обыкновенно бываетъ лучше довольствоваться сферическою поверхностью. Даже въ 6-ти футовомъ зеркалѣ разница между параболой и сферой составляетъ только около одной десятитысячной части дюйма,—толщина, которая можетъ быть снята нѣсколькими взмахами полировальщика. Остроумное параллельное движеніе Уатта было придумано для того, чтобы произвести прямолинейное движеніе стержня поршня. Въ дѣйствительности движеніе всегда было криволинейно, но для его цѣли извѣстная часть кривой достаточно приблизилась къ прямой линіи.

Приближеніе къ точнымъ законамъ.

Хотя мы не можемъ доказать числовыхъ законовъ съ совершенною точностью, однако было бы большой ошибкой предполагать, что въ законахъ природы существуетъ какая нибудь неточность. Мы можемъ даже открыть законъ, который по нашимъ понятіямъ съ совершенною точностью представляетъ дѣйствіе силъ. Можетъ казаться, что умъ идетъ дальше имѣющихся у него данныхъ и выбираетъ извѣстные числовые результаты какъ абсолютно вѣрные. Но въ дѣйствительности мы никогда не можемъ идти дальше нашихъ данныхъ, и насколько въ наши разсужденія входятъ предположенія, настолько нашимъ заключеніямъ недостаетъ достовѣрности; тѣмъ не менѣе мы иногда можемъ съ полнымъ правомъ предпочесть вѣроятное предположеніе точнаго закона числовымъ результатамъ, которые въ самомъ лучшемъ случаѣ только приблизительны. Поэтому мы должны дѣлать строгое различіе между тѣми законами природы, которые по нашему мнѣнію точно выражаются нашими формулами, и тѣми, къ которымъ мы только приближаемся въ нашихъ формулахъ, такъ что будущія поколѣнія формулируютъ законъ иначе.

Законъ тяготѣнія выражается формулой $F = \frac{Mm}{D^2}$, означающей, что тяжесть прямо пропорціональна произведенію тяготѣющихъ массъ и обратно пропорціональна квадрату ихъ разстояній. Скрытая теплота пара выражается уравненіемъ $\log F = a + b\alpha^t + c\beta^t$, въ которомъ нужно опредѣлить посредствомъ опыта пять количествъ a, b, c, α, β. Есть основанія думать, что и при дальнѣйшемъ развитіи науки законъ тяготѣнія останется неизмѣннымъ и вслѣдствіе дальнѣйшихъ изслѣдованій онъ будетъ оказываться болѣе и болѣе вѣроятнымъ выраженіемъ абсолютной истины. Напротивъ законъ скрытой теплоты будетъ видоизмѣняться вслѣдствіе каждой новой серіи опытовъ и нѣтъ ничего невѣроятнаго въ томъ, что когда нибудь будетъ доказано, что предполагаемый законъ никогда не будетъ доведенъ до полнаго согласія съ результатами опыта.

Естествоиспытатели не всегда признавали законъ тяготѣнія совершенно точнымъ и вѣрнымъ. Ньютонъ, хотя и глубоко былъ убѣжденъ въ истинѣ этого закона, однако допускалъ, что въ планетной системѣ есть движенія, которыя онъ не могъ согласить съ нимъ. Эйлеръ и Клеро, которые вмѣстѣ съ Д'Аламберомъ первые примѣнили всѣ средства математическаго анализа къ теоріи тяготѣнія съ цѣлью объясненія возмущеній планетъ, не признавали этого закона достаточно установленнымъ, чтобы объяснять получающіяся разнорѣчія ошибками при вычисленіи и наблюденіи. Они не вполнѣ были увѣрены въ томъ, что сила тяжести совершенно точно слѣдуетъ этому закону. Законъ можетъ содержать въ себѣ и другія степени разстоянія. Онъ можетъ быть выраженъ въ такой формѣ

$$F = \dots + \frac{a}{D} + \frac{b}{D^2} + \frac{c}{D^3} + \dots$$

и коэффиціенты a и c могутъ быть столь малы, что эти члены становятся замѣтными только при весьма точныхъ сравненіяхъ съ фактами. Были дѣлаемы попытки устранить эти трудности и для этого придавали извѣстную величину такимъ пренебрегаемымъ членамъ. Гауссъ одно время думалъ, что даже болѣе основной принципъ тяжести, именно что сила зависитъ только отъ массы и разстоянія, не можетъ быть вполнѣ вѣрнымъ и онъ произвелъ тщательные опыты съ маятникомъ, чтобы повѣрить это мнѣніе. Но такъ какъ возникавшія время отъ времени сомнѣнія разрѣшились въ пользу закона Ньютона, то онъ и признанъ былъ совершенно вѣрнымъ. Однако это признаніе не основывается единственно на опытѣ или наблюденіи. Вычисленія физической астрономіи, какъ бы они ни были точны, никогда не могутъ доказать, что другіе члены вышеприведеннаго выраженія не имѣютъ рѣшительно никакого значенія. Можно только доказать, что они имѣютъ такую незначительную величину, что никогда не станутъ замѣтными.

Однако есть другія основанія думать, что законъ, какъ онъ обыкновенно формулируется, вѣроятно полонъ и вѣренъ. Всякое вліяніе, выходящее изъ какой нибудь точки и равномѣрно распространяющееся по пространству, будетъ несомнѣнно измѣняться въ своей силѣ пропорціонально квадрату разстоянія, потому что площадь, по которой оно расходится, увеличивается какъ квадратъ радіуса. Эта часть закона тяготѣнія можетъ считаться зависящею отъ свойствъ пространства, и въ этомъ отношеніи существуетъ совершенная аналогія между тяжестью и всѣми другими *истекающими* силами, какъ это было указано Кейлемъ ¹). Такъ волны свѣта, теплоты и звука и притяженія электричества и магнетизма повинуются тому же закону, насколько это могло быть опредѣлено. Если бы частички газа или частички вещества дающаго запахъ выходили изъ одной точки и распространялись равномѣрно, то проходимыя ими разстоянія увеличивались бы, а сила запаха уменьшалась бы по тому же самому принципу.

Другіе законы природы находятся въ подобномъ же положеніи. Законъ Дальтона объ опредѣленныхъ пропорціяхъ при химическихъ соединеніяхъ никогда не былъ и не можетъ быть доказанъ съ совершенною точностью; но химики доказали съ значительною степенью приближенія, что элементы соединяются такъ, какъ если бы каждый элементъ имѣлъ атомы обладающіе неизмѣнной массой, и потому предполагаютъ, что это вполнѣ вѣрно. Но они идутъ еще дальше. Пру показалъ, что эквивалентные вѣса элементовъ представляютъ простыя числа; а изслѣдованія Дюма, Пелуза, Мариньяка, Эрдмана, Стаса и

---

¹) An Introduction to Natural Philosophy, 3 ed. 1733. p. 5.

др. показали вѣроятность того, что атомные вѣса водорода, углерода, кислорода, азота, хлора и серебра находятся между собою въ такихъ отношеніяхъ, какъ числа 1, 12, 16, 14, 35,5 и 108. Химики сдѣлали шагъ дальше своихъ данныхъ; они оставляютъ въ сторонѣ дѣйствительныя числа полученныя экспериментально и предполагаютъ, что истинныя отношенія не тѣ, которыя получаются при дѣйствительныхъ взвѣшиваніяхъ, но простыя отношенія между этими числами. Они смѣло предполагаютъ, что оказывающіяся разногласія происходятъ вслѣдствіе экспериментальныхъ ошибокъ, и оправданіемъ для нихъ служитъ тотъ фактъ, что чѣмъ тщательнѣе и искуснѣе производятся изслѣдованія, тѣмъ болѣе близкіе къ ихъ предположеніямъ получаются результаты. Натрій есть единственный элементъ, атомный вѣсъ котораго былъ опредѣленъ съ большою тщательностью, и однакоже этотъ вѣсъ не приближается къ простому отношенію съ другими элементами. Это исключеніе можетъ быть происходитъ отъ какой нибудь неподозрѣваемой причины ошибки ¹). Подобное же предположеніе дѣлается и въ законѣ относительно объемовъ соединяющихся газовъ и Броди ясно показалъ тотъ путь доказательства, которымъ химикъ, видя, что разногласія между закономъ и фактомъ не выходятъ изъ предѣловъ экспериментальной ошибки, приходитъ къ заключенію, что они дѣйствительно происходятъ отъ ошибки ²).

Фарадей въ одномъ изъ своихъ изслѣдованій формально дѣлаетъ предположеніе такого же рода. Показавши съ извѣстною степенью экспериментальной точности, что существуетъ простое отношеніе между количествами электрической живой силы и количествами химическихъ веществъ, которыя она можетъ разложить, такъ что на каждый атомъ растворившійся въ парѣ баттареи приходится теоретически, т. е. не считая какого нибудь возможнаго разсѣянія силы, атомъ разлагающійся въ сосудѣ, гдѣ происходитъ электролизъ, онъ не остановился на своихъ числовыхъ результатахъ. «Я, говоритъ онъ, не колеблясь взялъ болѣе точные результаты химическаго анализа, чтобы сообразно съ ними поправить числа полученныя какъ результаты электролиза. Очевидно это можетъ быть сдѣлано въ большомъ числѣ случаевъ, не слишкомъ погрѣшая уклоненіемъ отъ должной строгости научнаго изслѣдованія ³).»

Законъ сохраненія энергіи, одно изъ самыхъ обширныхъ физическихъ обобщеній, опирается на совершенно такое же основаніе. Самое большее, что мы можемъ сдѣлать посредствомъ опыта, это показать, что живая сила, входя-

---

¹) Уаттсъ, Dictionary of Chemistry, v. I. p. 455.

²) Phil. Trans. 1866. v. CLVI. p. 809.

³) Experim. Research. in Electricity, v. I. p. 246.

щая въ какую нибудь экспериментальную комбинацію, почти равна силѣ выходящей изъ нея и тѣмъ ближе бываетъ это равенство, чѣмъ точнѣе мы производимъ наши измѣренія. Абсолютное равенство всегда есть дѣло предположенія. Мы даже не можемъ доказать неуничтожаемости матеріи; потому что если бы въ какомъ нибудь опытѣ исчезла малѣйшая частичка матеріи, напр. одна десятимилліонная часть, то мы никогда не могли бы замѣтить такой потери.

Послѣдовательныя приближенія къ естественнымъ условіямъ.

Изучая исторію научныхъ проблемъ, мы видимъ, что одинъ человѣкъ или одно поколѣніе обыкновенно бываютъ въ состояніи сдѣлать только одинъ шагъ въ одинъ разъ. Проблема на первое время рѣшается тѣмъ, что дѣлается какое-нибудь смѣлое гипотетическое упрощеніе, на основаніи котораго послѣдующіе изслѣдователи дѣлаютъ гипотетическія видоизмѣненія, болѣе приближающіяся къ истинѣ. Послѣдовательно указываются ошибки въ прежнихъ рѣшеніяхъ, такъ что уже остается желать немногаго. Однако тщательное изслѣдованіе можетъ показать, что остается еще рядъ меньшихъ неточностей, которыя нужно исправить и объяснить, если силы нашего умозаключенія достаточно велики и если того требуетъ важность рѣшаемой задачи.

Успѣшное рѣшеніе Ньютономъ проблемы планетныхъ движеній прежде всего вполнѣ зависѣло отъ большаго упрощенія. Законъ тяжести примѣняется прямо только къ двумъ безконечно малымъ частичкамъ, такъ что когда мы имѣемъ предъ собою такіе обширные предметы какъ земля, Юпитеръ или солнце, тогда намъ приходится имѣть дѣло съ громаднымъ аггрегатомъ отдѣльныхъ притяженій; а законъ аггрегата не совпадаетъ необходимо съ закономъ элементарныхъ частичекъ. Но Ньютону при помощи великихъ средствъ математическаго умозаключенія удалось доказать, что два однородные шара матеріи дѣйствуютъ такъ, какъ если бы вся масса ихъ была сосредоточена въ центрахъ, словомъ, что такіе шары суть центробарическія тѣла (стр. 342). Затѣмъ онъ уже сравнительно легко могъ вычислить движенія планетъ при предположеніи, что они шарообразны и показать, что результаты приблизительно согласуются съ наблюденіями. Ньютонъ принадлежалъ къ числу тѣхъ немногихъ людей, которые сразу могутъ сдѣлать два великіе шага. Онъ не удовольствовался сферической гипотезой; имѣя основаніе думать, что земля въ дѣйствительности есть сфероидъ съ выступомъ по экватору, онъ перешелъ ко второму приближенію и доказалъ, что притяженіе выступающей матеріи на луну объясняетъ предвареніе равноденствій и ведетъ къ различнымъ сложнымъ дѣйствіямъ. Но даже сфероидальная гипотеза (стр. 431) далека отъ истины. Она не принимаетъ во вниманіе неправильностей поверхности, большихъ выступовъ суши въ центральной и южной Америкѣ и углубленій въ днѣ Атлантическаго океана.

Опредѣленіе закона, по которому движется въ атмосферѣ брошенное тѣло, напр. пушечное ядро, есть проблема разрѣшенная весьма несовершенно даже въ настоящее время; но къ рѣшенію ея сдѣлано уже нѣсколько шаговъ. Объ этомъ предметѣ такъ мало было извѣстно три или четыре вѣка назадъ, что предполагалось, будто пушечное ядро движется сначала по прямой линіи, а потомъ уклоняется по кривой. Тарталья отваживался утверждать, что весь проходимый путь есть кривая, какъ это и должно быть по принципу непрерывности; но нужно было все остроуміе Галилея, чтобы доказать это мнѣніе и показать, что проходимая кривая есть приблизительно парабола. Однако только при цѣломъ рядѣ неестественныхъ гипотезъ мы можемъ утверждать, что путь описываемый ядромъ есть дѣйствительно парабола: мы должны предполагать, что оно движется въ совершенной пустотѣ, гдѣ нѣтъ никакой сопротивляющейся среды, что сила тяжести равномѣрна и дѣйствуетъ по параллельнымъ линіямъ, что движущееся тѣло есть или точка или совершенное центробарическое тѣло, т. е. тѣло обладающее опредѣленнымъ центромъ тяжести. Но эти условія не могутъ быть осуществлены на практикѣ. Слѣдующій большой шагъ въ рѣшеніи проблемы былъ сдѣланъ Ньютономъ и Гюйгенсомъ, изъ которыхъ послѣдній утверждалъ, что атмосфера представляетъ сопротивленіе пропорціональное скорости движущагося тѣла и заключилъ изъ этого, что путь имѣетъ логариѳмическій характеръ. Ньютонъ изслѣдовалъ въ общихъ чертахъ вопросъ о сопротивляющихся средахъ и пришелъ къ заключенію, что сопротивленіе скорѣе пропорціонально квадрату скорости. Затѣмъ этотъ предметъ взялъ въ свои руки Даніилъ Бернулли, который показалъ громадное сопротивленіе воздуха въ случаяхъ быстраго движенія и вычислилъ, что пушечное ядро при вертикальномъ выстрѣлѣ вверхъ въ пустотѣ поднялось бы въ 8 разъ выше чѣмъ оно поднимается въ атмосферѣ. Въ новѣйшее время было потрачено на этотъ предметъ много теоретическихъ и опытныхъ изслѣдованій, такъ какъ онъ имѣетъ важность въ военномъ искусствѣ. Сдѣланы были послѣдовательныя приближенія къ истинному закону; но и до сихъ поръ не было получено ничего похожаго на полное и окончательное рѣшеніе и даже едва ли есть надежда на него ¹).

Само собою разумѣется, что первые экспериментаторы во всякой отрасли

---

¹) Гуттонъ, Mathematical Dictionary, v. II. p. 287—292.

науки не замѣчали ошибокъ, которыя впослѣдствіи становились явными. Арабскіе астрономы опредѣляли меридіанъ такъ, что брали среднюю точку между друмя мѣстами, въ которыхъ солнце находится на одинаковой высотѣ въ одинъ и тотъ же день. Они упустили изъ виду тотъ фактъ, что солнце имѣетъ собственное движеніе въ промежуткѣ времени между двумя наблюденіями. Ньютонъ думалъ, что можно оставлять безъ вниманія взаимныя возмущенія планетъ, исключая развѣ дѣйствіе взаимнаго притяженія большихъ планетъ, Юпитера и Сатурна около времени ихъ соединенія [1]). Расширеніе ртути давно употреблялось какъ мѣра температуры, хотя никто не имѣлъ яснаго понятія о температурѣ помимо нѣкоторыхъ изъ ея наиболѣе очевидныхъ дѣйствій. Румфордъ въ первомъ опытѣ приведшемъ къ опредѣленію механическаго эквивалента теплоты упустилъ изъ виду теплоту поглощаемую аппаратомъ, а иначе по инѣнію Джоуля онъ подошолъ бы близко къ вѣрному результату.

Нельзя не удивляться числу причинъ ошибокъ, которыя встрѣчаются въ самомъ простомъ опытѣ, когда мы стараемся достигнуть строгой точности. Мы не можемъ аккуратно произвести самаго простаго опыта сжиманія газа въ изогнутой трубкѣ посредствомъ столба ртути съ цѣлью провѣрить справедливость закона Боиля, если не обратимъ вниманія на 1) измѣренія атмосфернаго давленія, которое сообщается газу черезъ ртуть; 2) на сжимаемость ртути, вслѣдствіе чего измѣняется плотность столба ртути; 3) на температуру ртути во всемъ столбѣ; 4) на температуру газа, которую трудно поддерживать неизмѣнною; 5) на расширеніе стеклянной трубки содержащей газъ. Реньо при своихъ изслѣдованіяхъ объ этомъ законѣ принималъ во вниманіе всѣ эти обстоятельства [2]), однако же нельзя думать, чтобы онъ устранилъ рѣшительно всѣ источники неточности.

Прежнія изслѣдованія относительно природы волнъ въ упругихъ средахъ выходили изъ предположенія, что волны различной длины движутся съ одинаковою скоростью. Теорія звука придуманная Ньютономъ привела его къ этому заключенію, и наблюденіе подтверждало его выводъ (стр. 279). Но когда въ началѣ нынѣшняго столѣтія волнообразная теорія была примѣнена къ объясненію явленій свѣта, то встрѣтилась большая трудность. Уголъ, на который преломляется лучъ свѣта, входя въ болѣе плотную среду, зависитъ по этой теоріи отъ скорости, съ какою движутся волны, такъ что если бы всѣ волны свѣта двигались съ равной быстротой въ одной и той же средѣ, то разсѣяніе смѣшаннаго свѣта призмой и образованіе спектра не могло бы имѣть мѣста.

---

[1]) Principia, кн. III. 13.

[2]) Жаменъ, Cours de Physique, v. I. p. 282—283.

Такимъ образомъ самыя поразительныя явленія находились въ прямомъ противорѣчіи съ теоріей. Коши первый разъяснилъ дѣло, именно указалъ, что всѣ прежнія изслѣдованія для упрощенія вычисленій дѣлали произвольное предположеніе. Они принимали, что частички вибрирующей среды такъ близки одна къ другой, что промежутки между ними незначительны сравнительно съ длиною волны. Эта гипотеза случайно оказалась приблизительно вѣрною относительно воздуха, такъ что въ опытахъ надъ звукомъ ошибочность ея не была открыта. Еслибы этого не случилось, то прежніе изслѣдователи едвали могли бы придумать какое нибудь рѣшеніе и развитіе знаній объ этомъ предметѣ было бы задержано. Коши сдѣлалъ новое приближеніе при болѣе трудномъ предположеніи, что частицы вибрирующей среды находятся на значительныхъ разстояніяхъ и дѣйствуютъ и реагируютъ на сосѣднія частички притягивающими и отталкивающими силами. Вычислить скорость распространенія возмущенія въ такой средѣ есть дѣло чрезвычайно трудное. Полное рѣшеніе проблемы кажется выше человѣческихъ силъ, такъ что мы и здѣсь, какъ относительно планетныхъ движеній, должны довольствоваться надеждой только на послѣдовательныя приближенія. Все что могъ сдѣлать Коши—это показать, что извѣстныя количества оставленыя безъ вниманія въ прежнихъ теоріяхъ получаютъ значительную величину при новыхъ условіяхъ проблемы, такъ что при этомъ окажется извѣстное отношеніе между длиною волны и скоростью, съ какою она движется. Такимъ образомъ для устраненія трудностей лежавшихъ на пути волнообразной теоріи свѣта нужно было новое приближеніе къ вѣроятнымъ условіямъ ¹).

Подобнымъ же образомъ теорія Фурье проводимости и лучеиспусканія теплоты была основана на гипотезѣ, что количество теплоты проходящее по какой нибудь линіи прямо пропорціонально скорости измѣненія температуры. Но впослѣдствіи Форбесъ показалъ, что проводимость тѣла уменьшается по мѣрѣ того какъ увеличивается его температура. Поэтому всѣ подробности рѣшенія Фурье требуютъ измѣненія, и до тѣхъ поръ его результаты должны считаться только приблизительно вѣрными ²).

Мы должны дѣлать различіе между тѣми проблемами, которыя неполны физически и тѣми, которыя неполны только математически. Въ послѣднемъ случаѣ законъ подмѣчается вѣрно, но математикъ считаетъ ненужнымъ или невозможнымъ прослѣдить законъ во всѣхъ его результатахъ. Законъ тяготѣнія и принципы гармоническаго или волнообразнаго движенія, даже предполагая существо-

---

¹) Ллойдъ, Lectures on the Wave Theory, p. 22—23.

²) Тетъ, Thermodynamics, p. 10.

ваніе вѣрныхъ данныхъ, никогда не могутъ быть прослѣжены въ ихъ послѣднихъ результатахъ. Юнгъ объяснилъ существованіе Ньютоновыхъ колецъ предположеніемъ, что лучи отраженные отъ верхнихъ и нижнихъ поверхностей тонкой пластинки извѣстной тонины находятся въ противоположныхъ фазахъ и потому нейтрализуютъ другъ друга. Однако было указано, что такъ какъ свѣтъ отраженный отъ ближайшей поверхности долженъ быть нѣсколько ярче, чѣмъ отраженный отъ дальнѣйшей поверхности, то два луча не должны нейтрализовать другъ друга такъ совершенно, какъ это мы видимъ на опытѣ. Наконецъ Пуассонъ показалъ, что разногласіе происходитъ только отъ неполнаго рѣшенія проблемы; потому что свѣтъ, вошедши въ пластинку, долженъ до извѣстной степени отражаться взадъ и впередъ до безконечности; и если мы при помощи совершеннаго математическаго анализа прослѣдимъ этотъ ходъ луча, тогда окажется, что отъ интерференціи лучей произойдетъ абсолютная темнота [1]). Въ этомъ случаѣ разсматриваемые законы отраженія и преломленія точно извѣстны и трудность заключается только въ развитіи ихъ послѣдствій.

Открытіе гипотетически простыхъ законовъ.

Въ нѣкоторыхъ отрасляхъ науки мы встрѣчаемся съ естественными законами простаго характера, которые съ извѣстной точки зрѣнія точно вѣрны и однакоже въ естественныхъ явленіяхъ никогда не обнаруживаются какъ точно вѣрные. Таковы напр. законы относительно того, что называется *совершеннымъ газомъ* [2]). Газообразное состояніе матеріи есть такое состояніе, въ которомъ свойства матеріи обнаруживаются самымъ простымъ образомъ. Поэтому очень выгодно подходить къ вопросамъ молекулярной механики именно съ этой стороны. Но если мы спросимъ, что такое газъ? то отвѣтъ будетъ гипотетическій. Находя, что всѣ газы *приблизительно* повинуются закону Бойля и Маріотта, что они расширяются отъ теплоты *приблизительно* на одинаковую величину, именно на каждый градусъ Ц. на одну 279,9 часть ихъ объема при 0° и что они тѣмъ приблизительнѣе удовлетворяютъ этимъ условіямъ, чѣмъ дальше отстоитъ точка температуры, при которой мы изслѣдуемъ ихъ, отъ точки сгущенія въ жидкость, мы переходимъ по принципу непрерывности къ понятію о совершенномъ газѣ. Такой газъ долженъ состоять изъ частицъ матеріи находящихся на такомъ разстояніи одна отъ другой, что они не обнаруживаютъ другъ на друга никакого притяженія; но для осуществленія такого условія разстоянія должны быть безконечны, такъ что существованіе абсолютно совершеннаго газа невозможно. Но совершенный газъ не есть только граница, къ которой мы можемъ приблизиться; это—граница, черезъ которую перешелъ покрайней мѣрѣ одинъ дѣйствительный газъ. Депрецъ, Пулье, Дюлонъ, Араго и наконецъ Реньо показали, что всѣ газы уклоняются отъ закона Бойля и почти во всѣхъ случаяхъ плотность газа увеличивается въ нѣсколько большей пропорціи чѣмъ давленіе, что указываетъ на тенденцію частицъ газа сближаться между собою независимо отъ давленія. Въ наиболѣе сгустимыхъ газахъ, каковы сѣрнистая кислота, амміакъ и синеродъ эга тенденція очень явственна близь точки сгущенія въ жидкость. Водородъ же напротивъ уклоняется отъ закона совершеннаго газа въ противоположномъ направленіи, т. е. плотность его увеличивается въ меньшей пропорціи чѣмъ давленіе [1]). Это есть единственное исключеніе, значенія котораго я не въ состояніи понять.

---

[1]) Ллойдъ, Lectures on the Wave Theory, p. 82—83.

[2]) Понятіе о совершенныхъ или постоянныхъ газахъ рушилось съ тѣхъ поръ, какъ были обращены въ жидкость газы считавшіеся постоянными или совершенными. *Прим. перев.*

Всѣ газы также уклоняются отъ закона равномѣрнаго расширенія отъ теплоты; но это уклоненіе тѣмъ меньше, чѣмъ менѣе сгустимъ изслѣдуемый газъ и чѣмъ дальше температура, при которой онъ изслѣдуется, отстоитъ отъ его точки сгущенія въ жидкость. Поэтому совершенный газъ долженъ имѣть безконечно высокую температуру. По закону Дальтона каждый газъ въ смѣси сохраняетъ всѣ свои свойства, неизмѣняющіяся вслѣдствіе присутствія какогобы то ни было другаго газа [2]). Этотъ законъ вѣренъ вѣроятно только приблизительно; но очевидно, что онъ былъ бы вполнѣ вѣренъ относительно совершеннаго газа съ безконечно удаленными одна отъ другой частичками [3]).

Математическіе принципы приближенія.

Приблизительный характеръ физической науки станетъ еще болѣе яснымъ, если мы разсмотримъ его съ математической точки зрѣнія. Во всѣхъ количественныхъ изслѣдованіяхъ мы имѣемъ дѣло съ отношеніемъ одного количества къ другимъ количествамъ, которыхъ оно есть функція; но предметъ довольно усложняется, когда мы смотримъ на одно количество какъ на функцію другаго количества. Какъ общее правило, функція можетъ быть развита или выражена какъ сумма количествъ, величины которыхъ зависятъ отъ послѣдовательныхъ степеней измѣняющагося количества. Если y есть функція x, тогда мы можемъ сказать, что

---

[1]) Жаменъ, Cours de Physique, v. I, p. 283—288.

[2]) Джоуль и Томсонъ, Phil. Trans, 1854, v. CXLIV, p. 337.

[3]) Свойства совершеннаго газа были описаны Ранкиномъ, Trans. of the R. Soc. of Edinb. v. XXV, p. 561.

$$y = A + Bx + Cx^2 + Dx^3 + Ex^4 \ldots\ldots$$

Въ этомъ уравненіи A, B, C, D и проч. суть постоянныя количества съ различною величиною въ разныхъ случаяхъ. Число членовъ можетъ быть безконечно или черезъ нѣсколько времени они уже не имѣютъ никакой величины. Всякій изъ коэфиціентовъ A, B, C и проч. можетъ быть нулемъ или отрицательнымъ; но какъ бы то ни было, они постоянны. Напротивъ количество x есть измѣняющееся и мы можемъ принять его какимъ угодно. Предположимъ прежде всего, что x и y оба выражаютъ длину. Положимъ далѣе, что $\frac{1}{10000}$ часть дюйма есть наименьшая величина, которую мы можемъ замѣтить. Тогда, если x есть $\frac{1}{100}$ дюйма, мы имѣемъ $x^2 = \frac{1}{10000}$ и если C будетъ меньше единицы, то членъ Cx^2 будетъ незамѣтенъ, такъ какъ онъ менѣе той величипы, какую мы можемъ измѣрить. Если только какое нибудь изъ количествъ D, E и проч. не будетъ слишкомъ большимъ, то очевидно, что всѣ послѣдующіе члены также будутъ незамѣтны, потому что степени x быстро становятся меньше въ геометрической пропорціи. Поэтому если x будетъ довольно малъ, то количество y опредѣляется уравненіемъ

$$y = A + Bx.$$

Если бы x было еще меньше, если бы оно стало напр. столь малымъ какъ $\frac{1}{1000000}$ дюйма и B не было бы слишкомъ велико, тогда y было бы постояннымъ количествомъ A и вовсе не измѣнялось бы вмѣстѣ съ x. Напротивъ, если бы x сдѣлалось больше, напр. равнымъ $^1/_{10}$ дюйма, и C было бы не очень мало, тогда терминъ Cx^2 былъ бы замѣтенъ и законъ сталъ бы теперь болѣе сложнымъ.

Мы можемъ взглянуть на этотъ вопросъ и съ обратной точки зрѣнія, и предположить, что въ то время какъ количество y подвергается измѣненіямъ зависящимъ отъ многихъ степеней x, и наши средства открывать измѣненія его величины становятся болѣе и болѣе утонченными. Когда наши средства наблюденія остаются весьма грубыми, тогда мы бываемъ не въ состояніи открыть какое бы то ни было измѣненіе въ количествѣ, т. е. Bx можетъ быть все еще слишкомъ малымъ для того, чтобы быть замѣтнымъ для насъ, подобно тому напр. какъ прежде неподвижныя звѣзды назывались такъ потому, что они сохраняли повидимому неизмѣнными свои взаимныя разстоянія. Съ употребленіемъ телескоповъ и микрометровъ получилась возможность открыть существованіе нѣкотораго движенія, такъ что разстояніе одной звѣзды могло быть выражено посредствомъ $A + Bx$, причемъ членъ заключающій въ себѣ x^2 все еще оставался незамѣтнымъ. При этихъ обстоятельствахъ могло бы казаться, что звѣзда движется равномѣрно или въ простомъ отношеніи ко времени x. Но съ улучшеніемъ средствъ измѣренія вѣроятно оказалось бы, что эта равномѣрность движенія есть только кажущаяся и что существуетъ нѣкоторое ускореніе или замедленіе. Болѣе тщательное изслѣдованіе показало бы, что законъ гораздо сложнѣе, чѣмъ предполагалось прежде.

Есть еще другой способъ разъясненія кажущихся результатовъ сложнаго закона. Если мы возьмемъ какую нибудь кривую и будемъ разсматривать часть ея, непредставляющую никакого уклоненія отъ непрерывности, то мы можемъ выразить характеръ такой части посредствомъ уравненія такой формы

$$y = A + Bx + Cx^2 + Dx^3 + \dots$$

Если мы сосредоточимъ наше вниманіе только на весьма малой части кривой, то глазъ не въ состояніи будетъ отличить ее отъ прямой линіи; иначе сказать, въ изслѣдуемой части членъ Cx^2 не имѣетъ величины замѣтной для глаза. Если взять большую часть кривой, то сейчасъ же будетъ видно, что она имѣетъ кривизну; но возможно будетъ начертить параболу или гиперболу такъ, что кривая повидимому совпадетъ съ частью этой параболы или эллипсиса. Подобнымъ же образомъ, если мы будемъ брать все большія и большія дуги кривой, то она приметъ послѣдовательно характеръ кривой третьяго, четвертаго, а можетъ быть и высшихъ порядковъ, т. е. она будетъ соотвѣтствовать уравненіямъ, содержащимъ въ себѣ третью, четвертую и высшія степени измѣняющагося количества.

Мы такимъ образомъ пришли къ заключенію, что всякое явленіе, если его величина можетъ быть измѣряема только грубо, покажется или имѣющимъ постоянную величину или измѣняющимся равномѣрно подобно разстоянію между двумя наклонными линіями. Болѣе точныя измѣренія могутъ показать ошибочность этого перваго предположенія и тогда можетъ оказаться, что измѣненіе подобно измѣненію разстоянія между прямою линіею и параболой или эллипсисомъ. А затѣмъ можетъ оказаться, что для выраженія измѣненія требуется кривая третьяго или даже высшихъ порядковъ. Я предлагаю называть измѣненіе количества *линейнымъ*, *эллиптическимъ*, *кубическимъ*, *квартичнымъ*, *квинтичнымъ* и проч., смотря по тому, содержитъ ли оно въ себѣ первую, вторую, третью, четвертую, пятую или высшія степени измѣняющейся величины. Общее правило при количественныхъ изслѣдованіяхъ то, что мы начинаемъ съ открытія прямолинейнаго закона и затѣмъ уже переходимъ къ эллиптическимъ или болѣе сложнымъ законамъ измѣненія. Приблизительныя кривыя употребляемыя нами всѣ, по терминологіи Де Моргана, параболы того или другаго порядка; и такъ какъ обыкновенная парабола втораго порядка есть приблизительно тоже, что весьма удлиненный эллипсисъ и дѣйствительно есть безконечно удлиненный эллипсисъ, то прилично и удобно назвать измѣненія втораго порядка *эллиптическими*. Они могутъ быть также названы *квадрическими* измѣненіями.

Относительно многихъ важныхъ явленій мы находимся еще въ первой стадіи приближенія. Мы знаемъ, что солнце и многія такъ называемыя неподвижныя звѣзды, въ особенности 61 Лебедя, имѣютъ собственное движеніе по пространству и направленіе этого движенія извѣстно въ настоящее время съ нѣкоторою степенью точности. Но едва ли сообразно съ теоріей тяготѣнія, чтобы путь какого нибудь тѣла дѣйствительно составлялъ прямую линію. Поэтому мы должны смотрѣть на прямолинейный путь только какъ на предварительное описаніе движенія и ждать того времени, когда будетъ открыта кривизна его, хотя до этого пройдутъ еще цѣлыя столѣтія.

Мы привыкли предполагать, что на поверхности земли сила тяжести равномѣрна, потому что измѣненіе ея такъ мало по количеству, что мы едва въ состояніи открыть его. Но предположимъ, что мы могли бы измѣрить измѣненіе; тогда мы нашли бы, что оно просто пропорціонально высотѣ. Принимая радіусъ земли за единицу, предположимъ, что h есть высота, на которой мы измѣряемъ силу тяжести. Тогда по общеизвѣстному закону обратной пропорціональности квадрату разстоянія сила тяжести будетъ пропорціональна

$$\frac{g}{(1+h)^2}, \text{ или } g\,(1-2h+3h^2-4h^3+\ldots).$$

Но при всякихъ высотахъ, какихъ только мы можемъ достигнуть, h будетъ такою малою долью земнаго радіуса, что $3h^2$ будетъ незамѣтно и сила тяжести повидимому будетъ слѣдовать закону линейнаго измѣненія, будучи пропорціальна $1-2h$.

Когда обстоятельства опыта сильно измѣняются, тогда различныя степени измѣняющейся величины становятся очень замѣтными. Сопротивленіе жидкости тѣлу движущемуся въ ней можетъ быть приблизительно выражено какъ сумма двухъ членовъ, содержащихъ одинъ первую, а другой вторую степень скорости. При весьма небольшихъ скоростяхъ первая степень имѣетъ наибольшую важность и сопротивленіе, какъ показалъ Стоксъ, приблизительно просто пропорціонально скорости. Когда же движеніе быстро, то сопротивленіе увеличивается въ еще большей степени и скорѣе пропорціонально квадрату скорости.

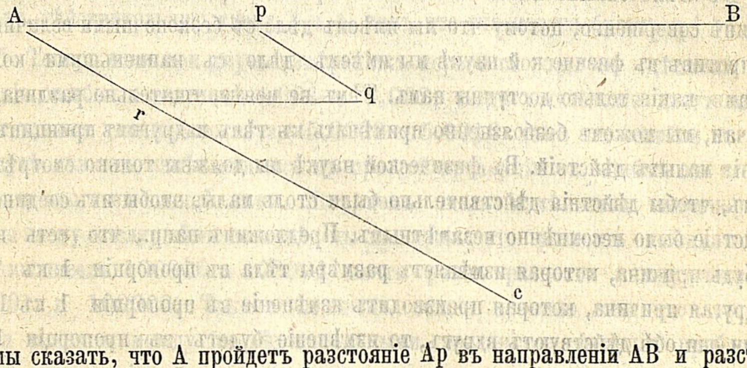
Приблизительная независимость малыхъ дѣйствій.

Одинъ результатъ теоріи приближенія имѣетъ такую важность въ физической наукѣ и такъ часто примѣняется къ дѣлу, что мы должны разсмотрѣть его отдѣльно. Изслѣдованіе причинъ и дѣйствій чрезвычайно упрощается, если мы примемъ, что каждая причина производитъ свое дѣйствіе неизмѣнно, будутъ ли при этомъ дѣйствовать другія причины или нѣтъ. Такъ напр. если тѣло P производитъ x, а Q производитъ y, то вопросъ состоитъ въ томъ, дѣйствительно ли P и Q, дѣйствуя вмѣстѣ, произведутъ сумму отдѣльныхъ дѣйствій, $x+y$. Съ точки зрѣнія этого предположенія мы разсматривали методы устраненія погрѣшностей (глава XV); но ошибки меньшей величины все таки оставались бы, если бы это предположеніе было не вѣрно. Навѣрное есть нѣсколько отдѣловъ науки, въ которыхъ предположеніе независимости дѣйствій оказывается строго вѣрнымъ. Взаимное тяготѣніе двухъ тѣлъ нисколько не измѣняется отъ присутствія другихъ тяготѣющихъ тѣлъ. Многіе вѣроятно и не воображаютъ, что этотъ важный принципъ лежитъ въ основаніи такой простой вещи, какъ накладываніе на чашку вѣсовъ двухъ фунтовыхъ гирь. Почему мы знаемъ, что два фунта будутъ вѣсить вмѣстѣ вдвое больше чѣмъ одинъ? Увѣрены ли мы въ томъ, что это совершенно вѣрно? Подобно другимъ результатамъ основаннымъ на индукціи, мы не можемъ доказать этого окончательно; но всѣ вычисленія физической астрономіи выходятъ изъ этого предположенія, такъ что мы должны считать его доказаннымъ до очень высокой степени приближенія. Если бы оно было невѣрно, то вычисленія физической астрономіи были бы несравненно сложнѣе, чѣмъ они есть теперь, и прогрессъ знанія былъ бы гораздо медленнѣе.

Общій принципъ научнаго метода тотъ, что если дѣйствія имѣютъ малую величину сравнительно съ нашими средствами наблюденія, то всѣ соединенныя дѣйствія будутъ принадлежать къ высшему порядку малости и такимъ образомъ могутъ быть отброшены при первомъ приближеніи. Этотъ принципъ Даніилъ Бернулли примѣнилъ къ теоріи звука и назвалъ его *принципомъ сосуществованія малыхъ вибрацій*. Онъ показалъ, что если струна даетъ вибрацій двоякаго рода, то мы можемъ представлять, что каждый родъ вибрацій совершается такъ, какъ если бы вовсе не существовало другаго рода вибрацій. Мы не можемъ себѣ представить, чтобы звуки одного инструмента мѣшали звукамъ другаго или измѣняли ихъ, и думаемъ, что всѣ звуки идутъ по воздуху и дѣйствуютъ на слухъ независимо одни отъ другихъ. Подобное же предположеніе дѣлается и въ теоріи приливо-отливовъ, которые суть большія волны. Одна волна происходитъ вслѣдствіе притяженія луны, а другая вслѣдствіе притяженія солнца, и возникаетъ вопросъ, если эти волны совпадутъ, какъ напр. во время высокаго прилива, то соединенная волна будетъ ли просто суммою отдѣльныхъ волнъ. По принципу Бернулли это будетъ такъ, по тому что приливо-отливы океана весьма малы сравнительно съ глубиною океана.

Однако принципъ Бернулли только приблизительно вѣренъ. Волна не можетъ быть совершенно такою же, когда вмѣстѣ съ нею дѣйствуетъ другая волна; но чѣмъ меньше перемѣщеніе частичекъ, происходящее отъ каждой волны, тѣмъ въ еще большей степени меньше дѣйствіе одной волны на другую. Въ послѣднее время Гельмгольцъ пришолъ къ догадкѣ, что нѣкоторыя явленія звука должны происходить отъ соединенныхъ малыхъ дѣйствій, оставлявшихся безъ вниманія при предположеніи допускавшемся прежними физиками. Онъ изслѣдовалъ вторичныя волны, происходящія вслѣдствіе вмѣшательста значительныхъ возмущеній, и пришелъ къ заключенію, что должны быть слышны производные тоны происходящіе отъ суммированія малыхъ возмущающихъ дѣйствій, и опыты придуманные для этой цѣли подтвердили это заключеніе.

Во всѣхъ механическихъ наукахъ *принципъ сложенія малыхъ дѣйствій* имѣетъ основную важность [1]) и можетъ быть объясненъ такимъ образомъ. Предположимъ, что двѣ силы, дѣйствующія изъ точекъ В и С, одновременно движутъ тѣло А. Сила дѣйствующая изъ В такова, что въ одну секунду оиа передвинула бы А въ р, и подобнымъ же образомъ вторая сила, дѣйствуя одна, передвинула бы А въ г. Теперь спрашивается, дѣйствительно ли ихъ соединенное дѣйствіе передвинетъ А въ q по діагонали параллелограма. Можемъ ли мы сказать, что А пройдетъ разстояніе Ар въ направленіи АВ и разстояніе Аг въ направленіи АС или, что тоже, по параллельной линіи pq? Строго



---

[1]) Томсонъ и Тетъ, Natural Philosophy, v. I. p. 60.

говоря, мы этого не можемъ сказать; потому что когда A подвинулось къ p, то сила изъ C уже не можетъ дѣйствовать по линіи AC, и подобнымъ же образомъ движеніе A къ r видоизмѣнитъ дѣйствіе силы изъ B. Это произведенное вліяніемъ одной силы измѣненіе линіи дѣйствія другой будетъ очевидно тѣмъ больше, чѣмъ больше объемъ разсматриваемаго дѣйствія; и напротивъ чѣмъ болѣе мы уменьшаемъ параллелограмъ Apqr сравнительно съ разстояніями AB и AC, тѣмъ менѣе будетъ взаимнаго измѣненія въ дѣйствіяхъ силъ. Поэтому математики устраняютъ всякія погрѣшности, представляя движенія безконечно малыми, такъ что взаимное измѣненіе переходитъ въ еще высшій порядокъ безконечной малости и потому можетъ быть совершенно оставлено безъ вниманія. При помощи способовъ дифференціальнаго исчисленія возможно вычислить движеніе частички A, какъ будто бы она проходила по безконечному числу безконечно малыхъ діагоналей параллелограмовъ. Великія открытія Ньютона вытекли изъ примѣненія этого метода исчисленія къ движеніямъ луны вокругъ земли. Луна, постоянно стремясь двигаться въ сторону по прямой линіи, уклоняется отъ нея къ землѣ отъ дѣйствія земнаго притяженія и движется по эллиптической кривой, какъ бы составленной изъ безконечно малыхъ діагоналей безконечно многочисленныхъ параллелограмовъ. Математикъ при своихъ изслѣдованіяхъ кривой всегда представляетъ ее какъ бы состоящею изъ большаго числа прямыхъ линій, и сомнительно, могъ ли бы онъ трактовать ее какимъ нибудь другимъ способомъ. Въ окончательномъ результатѣ не можетъ быть ошибки, потому что при формулахъ полученныхъ при такомъ предположеніи каждая прямая линія считается безконечно малою, и потому полигональная линія становится не отличима отъ совершенной кривой [1]).

Въ отвлеченныхъ математическихъ теоремахъ приближеніе къ абсолютной истинѣ совершенно, потому что мы имѣемъ дѣло съ безконечными величинами. Напротивъ въ физической наукѣ мы имѣемъ дѣло съ наименьшими количествами, какія только доступны намъ. Тѣмъ не менѣе, тщательно различая эти случаи, мы можемъ безбоязненно примѣнять къ тѣмъ и другимъ принципъ сложенія малыхъ дѣйствій. Въ физической наукѣ мы должны только смотрѣть за тѣмъ, чтобы дѣйствія дѣйствительно были столь малы, чтобы ихъ соединенное дѣйствіе было несомнѣнно незамѣтнымъ. Предложимъ напр., что есть какая нибудь причина, которая измѣняетъ размѣры тѣла въ пропорціи 1 къ $1+\alpha$ и другая причина, которая производитъ измѣненіе въ пропорціи 1 къ $1+\beta$. Если они обѣ дѣйствуютъ вдругъ, то измѣненіе будетъ въ пропорціи 1 къ

---

[1]) Шаллисъ, Notes on the Principles of Pure and Applied Calculation, 1869, p. 83.

$(1+\alpha)$ $(1+\beta)$, или какъ 1 къ $1+\alpha+\beta+\alpha\beta$. Но если какъ α, такъ и β составляютъ весьма малыя доли общаго размѣра, то $\alpha\beta$ будетъ еще меньше и можетъ быть оставлено безъ вниманія; количество измѣненія будетъ тогда приблизительно 1 къ $1+\alpha+\beta$ или соединенное дѣйствіе будетъ суммою отдѣльныхъ дѣйствій. Такъ если тѣло подвержено тремъ растяженіямъ, перпендикулярнымъ другъ другу, то полное измѣненіе въ объемѣ тѣла будетъ приблизительно равно суммѣ измѣненій произведенныхъ отдѣльными растяженіями, если только они весьма малы. Подобнымъ же образомъ не только расширеніе отъ теплоты всякаго твердаго и жидкаго вещества приблизительно пропорціонально измѣненію температуры, когда величина этого измѣненія очень мала, но и кубическое расширеніе можетъ также считаться втрое большимъ, чѣмъ линейное. Потому что, если повышеніе температуры расширяетъ металлическую полосу въ пропорціи 1 къ $1+\alpha$ и расширеніе равно во всѣхъ направленіяхъ, то кубъ того же металла будетъ расширяться какъ 1 къ $(1+\alpha)^3$ или какъ 1 къ $1+3\alpha+3\alpha^2+\alpha^3$. Когда α есть очень малое количество, тогда третій членъ $3\alpha^2$ будетъ незамѣтенъ, а тѣмъ болѣе четвертый α^3. На дѣлѣ коэффиціенты расширенія твердыхъ тѣлъ столь малы и опредѣлены такъ несовершенно, что физики рѣдко принимаютъ въ соображеніе ихъ вторыя и высшія степени.

Результатъ этихъ принциповъ тотъ, что всѣ небольшія погрѣшности могутъ считаться измѣняющимися въ простой пропорціи къ ихъ причинамъ,— новое основаніе, почему при устраненіи погрѣшностей мы должны прежде всего сдѣлать ихъ сколько возможно малыми. Предположимъ, что мы имѣемъ прямоугольный треугольникъ, двѣ стороны котораго содержащія прямой уголъ имѣютъ дѣйствительную длину 3 и 4, такъ что гипотенуза будетъ $\sqrt{3^2+4^2}$ или 5. Теперь если при двухъ измѣреніяхъ первой стороны мы сдѣлаемъ небольшія ошибки и получимъ 4,001 и 4,002, тогда вычисленіе дастъ намъ почти точныя длины гипотенузы 5,0008 и 5,0016, такъ что ошибка въ гипотенузѣ кажется измѣняющеюся въ простой пропорціи къ ошибкѣ въ сторонѣ, хотя это и не вполнѣ такъ. Логариѳмъ числа измѣняется непропорціонально этому числу; тѣмъ не менѣе мы находимъ, что разность между логариѳмами чиселъ 100000 и 100001 почти равна разности между числами 100001 и 100002. Такимъ образомъ общее правило то, что весьма малыя разницы между послѣдовательными значеніями функціи приблизительно пропорціональны небольшимъ разностямъ измѣняющагося количества.

Изъ такихъ принциповъ легко вывести рядъ правилъ вродѣ тѣхъ, которыя даны Кольраушемъ [1]) для производства вычисленій въ сокращенной формѣ, когда измѣняющееся количество весьма мало сравнительно съ единицей. Такъ вмѣсто $1 : (1 + a)$ мы можемъ подставить $1 - a$; вмѣсто $1 : (1 - a)$ мы можемъ взять $1 + a$; $1 : \sqrt{1 + a}$ станетъ $1 - {}^1/_2\, a$ и т. д.

Четыре значенія равенства.

Хотя съ перваго раза можетъ показаться, что немного есть терминовъ, которые бы допускали меньше двусмысленности, чѣмъ терминъ *равный*, однако ученые употребляютъ его по крайней мѣрѣ въ четырехъ значеніяхъ, которыя слѣдуетъ различать. Эти значенія я могу характеризовать такъ:

1) Абсолютное равенство.
2) Под-равенство.
3) Видимое равенство.
4) Вѣроятное равенство.

Подъ *абсолютнымъ* равенствомъ мы разумѣемъ такое, которое полно и совершенно до послѣдней степени; но очевидно, что мы можемъ знать это равенство только теоретическимъ или гипотетическимъ образомъ. Площади двухъ треугольниковъ стоящихъ на одномъ и томъ же основаніи и межд одними и тѣми же параллельными линіями абсолютно равны. Гиппократъ прекрасно доказалъ, что площадь фигуры содержащейся между двумя сегментами круговъ абсолютно равна площади извѣстнаго прямоугольнаго треугольника. Какъ общее правило, всѣ геометрическія и другія элементарныя математическія теоремы содержатъ въ себѣ абсолютное равенство.

Де Морганъ предложилъ называть *под-равными* такія количества, которыя равны въ предѣлахъ безконечно малаго количества, такъ что x есть подравное $x + dx$. Можно сказать, что дифференціальное исчисленіе вытекаетъ изъ пренебреженія безконечно малыхъ количествъ, и въ математикѣ вообще можно провести другія тонкія различія между родами равенства, какъ это показалъ Де Морганъ въ замѣчательномъ мемуарѣ *о безконечности и о знакѣ равенства* [2]).

Видимое равенство есть то, съ которымъ имѣетъ дѣло физическая наука.

---

[1]) Введеніе къ физическимъ измѣреніямъ, англійск. перев. Уэллера и Проктера, 1873, с. 10.

[2]) Cambridge, Phil. Trans. 1865, v. XI. p. I.

Тѣ величины видимо равны, которыя разнятся только на незамѣтное количество. Для плотника не существуетъ ничего меньше сотой части дюйма; есть мало ремеслъ и мастерствъ, для которыхъ стотысячная часть дюйма имѣла бы какое нибудь значеніе. Такъ какъ о совпаденіяхъ между физическими величинами мы судимъ по показаніямъ того или другого чувства, то наше знаніе по необходимости должно ограничиваться видимымъ равенствомъ.

Въ дѣйствительности рѣдко можно ожидать даже видимаго равенства. Гораздо чаще опыты даютъ *вѣроятное* равенство, т. е. результаты такъ близко согласуются одинъ съ другимъ, что разногласіе между ними можетъ быть приписано неважнымъ возмущающимъ причинамъ. Физики часто признаютъ количества равными, если только эти послѣднія лежатъ въ предѣлахъ вѣроятной погрѣшности употребленнаго процесса. Мы не можемъ ожидать, чтобы наблюденія согласовались съ теоріей гораздо ближе, чѣмъ они согласуются одно съ другимъ, какъ замѣтилъ Ньютонъ о своихъ изслѣдованіяхъ о кометѣ Галлея.

Ариѳметика приблизительныхъ количествъ.

Въ виду того, что почти всѣ количества, съ которыми мы имѣемъ дѣло въ физической и соціальной наукѣ, только приблизительны, было бы желательно, чтобы обращено было вниманіе при обученіи ариѳметикѣ на правильное истолкованіе и разработку приблизительныхъ числовыхъ положеній. Нужны были бы знаки для выраженія приблизительности или точности десятичныхъ цифръ. Дробь 0,025 можетъ означать или точно одну сороковую часть, или что нибудь между 0,0245 и 0,0255. Я предлагаю, чтобы въ тѣхъ случаяхъ, когда десятичная дробь полна и точна, къ ней прибавлялся кружокъ (∘) для обозначенія того, что дальше уже ничего не можетъ быть, какъ напр. въ 0,025∘. Когда первая отбрасываемая десятичная цифра есть 5 или болѣе, тогда первую остающуюся цифру нужно увеличить на одну единицу по правилу предложенному Де-Морганомъ и теперь общепринятому. Для обозначенія того, что удержанная такимъ образомъ дробь больше истинной, въ нѣкоторыхъ таблицахъ логариѳмовъ ставится точка на послѣдней цифрѣ; но такая же точка употребляется для обозначенія періода повторяющейся десятичной дроби, и потому я предложилъ бы ставить послѣ цифры двоеточіе; такъ 0,025: означало бы, что истинная дробь лежитъ между 0,0245∘ и 0,025∘ включительно съ низшей, но не съ высшей границей. Когда дробь меньше истинной, тогда двѣ точки можно было бы ставить горизонтально, какъ напр. 0,025.., которая значила бы нѣчто между 0,025∘ и 0,0255∘ не включительно.

Когда приблизительныя числа слагаются, вычитаются, помножаются или дѣлятся, тогда становится нѣсколько затруднительно опредѣлить степень точности результата. Не многіе могли бы сказать сразу, что сумма приблизительныхъ чиселъ 34,70, 52,693, 80,1 есть 167,5 въ предѣлахъ менѣе чѣмъ 0,07. Зандеманъ очень тщательно выработалъ правила приблизительной ариѳметики и его указанія заслуживаютъ вниманія [1]). Третья часть прекрасной ариѳметики Зонненштейна и Несбитта [2]) подробно описываетъ всѣ роды приблизительныхъ вычисленій и показываетъ, какъ избѣжать лишняго труда и какъ опредѣлить неточность въ дѣйствіяхъ съ приблизительными десятичными дробями. Ясное изложеніе этого предмета находится въ Algèbre Elementaire (Paris, 1848), ch. XIV о *приближеніяхъ абсолютныхъ и относительныхъ*. Есть также американское сочиненіе объ этомъ предметѣ [3]).

Хотя точность измѣренія много подвинулась впередъ со временъ Лесли, однако и теперь не излишне будетъ повторить его протестъ противъ щеголянія десятичными дробями, выказывающими гораздо большую степень точности, чѣмъ какую допускаетъ или какой требуетъ природа изслѣдуемаго предмета [4]). Я зналъ одного ученаго, который отмѣчалъ показанія барометра каждую секунду, хотя конечно совершенно достаточно было бы отмѣчать ихъ каждую четверть часа. Химики часто публикуютъ результаты анализовъ до десятитысячной или даже до милліонной части взятаго вѣса, хотя по всей вѣроятности употребленные ими пріемы не могли опредѣлить точнѣе одной сотой части. Рѣдко бываетъ желательно давать болѣе одного мѣста цифрамъ не вполнѣ опредѣленнаго количества; но также нужно, чтобы существовало ясное понятіе о степени возможной и желательной точности, для того чтобы съ одной стороны избѣжать недоразумѣній и лишнихъ вычисленій, а съ другой гарантировать всю достижимую точность.

---

[1]) Зандеманъ, Pelicotetics, p. 214.

[2]) The Science and Art of Arithmetic for the Use of Schools.

[3]) Principles of Approximate Calculations, Скиннера, Нью-Іоркъ, 1876.

[4]) Лесли, Inquiry into the Nature of Heat, p. 505,

ГЛАВА XXII.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ИНДУКЦІЯ.

До сихъ поръ мы еще не разсматривали формально ни одного процесса умозаключенія, который бы имѣлъ цѣлью открыть законы природы выраженные въ количественныхъ уравненіяхъ. Мы занимались изслѣдованіемъ способовъ, какими явленіе можетъ быть измѣряемо и если это явленіе сложное, то какъ оно можетъ быть разложено при помощи нѣсколькихъ измѣреній на свои составныя части. Мы также разсматривали предосторожности, которыя нужно принимать при производствѣ наблюденій и опытовъ, для того чтобы мы могли знать, какія явленія мы дѣйствительно измѣряемъ. Но мы должны помнить, что какъ бы ни было велико число фактовъ и наблюденій, они сами по себѣ еще не составляютъ науки. Числовые факты, подобно другимъ фактамъ, суть только сырые матеріалы знанія, которые должны быть обработаны нашими способностями умозаключенія, для того чтобы вывести принципы природы. Только посредствомъ обратнаго процесса умозаключенія мы можемъ открыть математическіе законы, съ которыми согласуются измѣняющіяся количества. Посредствомъ надлежащимъ образомъ произведенныхъ опытовъ мы получаемъ рядъ величинъ измѣняющагося количества и соотвѣтствующій рядъ величинъ измѣняемаго количества, и намъ нужно затѣмъ узнать, какую математическую функцію составляетъ измѣняемое относительно измѣняющагося. Въ обыкновенномъ ходѣ науки рѣшаются три вопроса относительно каждаго важнаго количественнаго явленія:

1) Существуетъ ли какое-нибудь постоянное отношеніе между измѣняющимся и измѣняемымъ?

2) Какова эмпирическая формула выражающая это отношеніе?

3) Какова раціональная формула выражающая дѣйствующій при этомъ законъ природы?

Вѣроятная связь между измѣняющимися количествами.

Мы находимъ у Милля [1]) слѣдующее положеніе: «если какое-нибудь явленіе измѣняется какимъ-нибудь образомъ всякій разъ, когда измѣняется какимъ нибудь особеннымъ образомъ другое явленіе, то оно есть или причина или дѣйствіе этого явленія или связано съ нимъ какимъ-нибудь фактомъ причинности». Это положеніе можетъ считаться вѣрнымъ, если его толковать съ надлежащею осторожностью; иначе оно можетъ повести къ ошибкѣ. Въ природѣ вещей нѣтъ ничего такого, что не допускало бы существованія двухъ измѣненій, которыя повидимому слѣдовали бы одному и тому же закону и однакоже не имѣли бы никакой связи между собою. Одна двойная звѣзда можетъ имѣть періодъ обращенія равный періоду обращенія другой двойной звѣзды, и по приведенному правилу движеніе одной должно быть причиною движенія другой, чего однако не можетъ быть на дѣлѣ. Можно себѣ представить, что двое астрономическихъ часовъ устроены такъ совершенно, что въ теченіи нѣсколькихъ лѣтъ не можетъ быть замѣчено никакой разницы въ ихъ ходѣ, и мы могли бы заключить изъ этого, что движеніе однихъ часовъ есть причина или слѣдствіе движенія другихъ. Этотъ предметъ требуетъ тщательнаго различенія. Мы должны помнить, что непрерывныя количества пространства, времени, силы и проч., которыя мы измѣряемъ, состоятъ изъ безконечнаго числа безконечно малыхъ единицъ. Поэтому мы можемъ встрѣтить два измѣняющіяся явленія, которыя повинуются почти одинаковымъ законамъ, такъ что ни въ одной части измѣненій доступной нашему наблюденію мы не можемъ открыть никакого несогласія. Я допускаю, что если можетъ быть доказано, что двое часовъ идутъ *совершенно* оинаково въ теченіи опредѣленнаго промежутка времени, то это представитъ большую вѣроятность того, что между ихъ движеніями существуетъ связь. Но мы никогда не можемъ доказать абсолютно такого совпаденія между часами. Положимъ, мы можемъ замѣтить разницу въ ихъ ходѣ величиною въ одну десятую секунды; а они можетъ быть независимо одни отъ другихъ регулированы такъ, что идутъ одинаково съ уклоненіями въ предѣлахъ менѣе этой величины времени. Словомъ, требуется или безконечно продолжительное время наблюденія или безконечно точныя средства измѣренія разницы, чтобы рѣшить положительно, существуетъ ли между двумя часами отношеніе или нѣтъ.

Подобный же вопросъ дѣйствительно возникаетъ относительно движенія луны. Мы не имѣемъ никакихъ свидѣтельствъ о томъ, чтобы когда-нибудь людямъ видна была другая сторона луны, чѣмъ та, которую мы видимъ теперь. Этотъ фактъ достаточно доказываетъ, что въ теченіи историческаго періода вращеніе луны на ея собственной оси совпадало съ ея обращеніями вокругъ земли. Доказываетъ ли это совпаденіе, что здѣсь существуетъ отношеніе причины и дѣйствія? Отвѣтъ долженъ быть отрицательный, потому что между этими движеніями можетъ существовать такое малое несогласіе, что еще не было достаточно времени для того, чтобы получилось какое нибудь замѣтное дѣйствіе. Тѣмъ не менѣе можетъ быть и большая вѣроятность существованія связи между движеніями.

---

[1]) Логика, кн. III, гл. VIII, § 6.

Такимъ образомъ весь вопросъ объ отношеніи между количествами сводится къ вопросу о вѣроятности. Если мы можемъ только грубо измѣрить количественный результатъ, то не можемъ придавать большой важности оказавшемуся соотвѣтствію. Одинаковое измѣненіе блеска двухъ звѣздъ не представляетъ еще значительной вѣроятности въ пользу того, что они находятся въ какомъ-нибудь отношеніи между собою. Если бы можно было доказать, что ихъ періоды измѣненія одинаковы до безконечно малыхъ количествъ, тогда было бы безконечно вѣроятно, что между ними существуетъ связь, сколько бы это ни казалось невѣроятнымъ на другихъ основаніяхъ. Общій способъ опредѣленія такихъ вѣроятностей тожественъ съ способомъ примѣняемымъ къ другимъ индуктивнымъ проблемамъ. Чтобы два какихъ-нибудь періода измѣненія были *абсолютно равны* случайно, это крайне невѣроятно; поэтому если относительно луны или другихъ движущихся тѣлъ можно было бы доказать абсолютное совпаденіе, то это была бы достовѣрность связи [1]). При приблизительныхъ измѣреніяхъ, которыя только и возможны для насъ, мы должны разсчитывать по большей мѣрѣ на приблизительную достовѣрность.

Принципы умозаключенія и вѣроятности, которыми мы должны руководствоваться нри изслѣдованіи причинъ и дѣйствій измѣняющихся по величинѣ, совершенно тѣ же, какіе мы примѣняемъ къ истолкованію простыхъ опытовъ. Однако непрерывное количество представляетъ намъ безконечно обширнѣйшую сферу наблюденія, потому что всякая различная величина причины, какъ бы она ни была мала, должна влечь за собою различную величину дѣйствія. Если мы можемъ измѣрить температуру до одной сотой части градуса Ц., тогда между 0° и 100° мы имѣемъ 10000 возможныхъ случаевъ, которые могутъ быть предметомъ нашихъ опытовъ. Если точность нашихъ измѣреній увеличится, такъ что можетъ быть замѣтна одна тысячная часть градуса, тогда число такихъ случаевъ увеличится вдесятеро. Вѣроятность связи будетъ пропорціональна точности нашихъ измѣреній.

---

[1]) Лапласъ, *Система міра,* англ. пер. Герта, т. II стр. 366.

Когда мы имѣемъ возможность измѣнять по произволу количество причины, тогда легко бываетъ открыть, дѣйствительно ли извѣстное дѣйствіе происходитъ отъ этой причины или нѣтъ. Мы можемъ сдѣлать тогда сколько угодно неправильныхъ измѣненій, и крайне невѣроятно, чтобы предполагаемое дѣйствіе случайно прошло черезъ совершенно такой же рядъ соотвѣтствующихъ измѣненій, такъ какъ это можетъ быть только въ случаѣ зависимости. Когда мы имѣемъ колокольчикъ въ безвоздушномъ пространствѣ, то звукъ его усиливается по мѣрѣ того, какъ мы впускаемъ воздухъ, и снова ослабѣваетъ, когда мы станемъ выкачивать воздухъ. Поющее пламя Тиндаля очевидно повиновалось измѣненіямъ его голоса; и Фаредей, открывши отношеніе между магнетизмомъ и свѣтомъ, нашелъ, что пуская и прерывая токъ электромагнита или измѣняя его направленіе, онъ вполнѣ можетъ распоряжаться лучомъ свѣта, что доказывало выше всякаго резоннаго сомнѣнія зависимость между причиною и дѣйствіемъ. Въ такихъ случаяхъ совершенное совпаденіе по времени между измѣненіемъ въ дѣйствіи и измѣненіемъ въ причинѣ доказываетъ большую невѣроятность случайнаго совпаденія.

На основаніи простого случая измѣненія мы умозаключаемъ о существованіи матеріальной связи между двумя тѣлами движущимися съ совершенно одинаковою скоростью, какъ напр. локомотивъ и поѣздъ слѣдующій за нимъ. Самыя тщательныя наблюденія нужны были для того, чтобы всѣ астрономы убѣдились, что красное пламя водорода видимое во время солнечныхъ затмѣній принадлежитъ солнцу, а не лунной атмосферѣ, какъ предполагалъ Флемстидъ. Еще въ 1706 г. Станніанъ замѣтилъ кровянокрасную полосу во время солнечнаго затмѣнія, которое онъ наблюдалъ въ Бернѣ, и онъ утверждалъ, что она принадлежитъ солнцу; но его мнѣніе не утвердилось до тѣхъ поръ, пока фотографіи затмѣнія 1860 г. снятыя Де ла Рю не показали, что темное тѣло луны постепенно покрывало красные выступы съ одной стороны и открывало такіе же выступы съ другой, словомъ, что эти выступы двигались согласно съ движеніемъ солнца, а не луны.

Даже когда мы не имѣемъ средствъ точно измѣрять измѣняющіяся количества, мы все-таки можемъ убѣдиться въ ихъ связи, если одно изъ нихъ замѣтно измѣняется одновременно съ другимъ. Усталость увеличивается по мѣрѣ работы, а голодъ по мѣрѣ воздержанія отъ пищи; желаніе и степень полезности уменьшается пропорціонально количеству потребленнаго товара. Мы знаемъ, что нагрѣвающая сила солнца зависитъ отъ его высоты надъ горизонтомъ; что температура воздуха понижается по мѣрѣ того, какъ мы поднимаемся на гору; что земная кора становится замѣтно теплѣе, по мѣрѣ того какъ мы спускаемся въ глубокую шахту; мы умозаключаемъ о направленіи, въ какомъ идетъ къ намъ звукъ, по измѣненію силы его, когда мы приближаемся или удаляемся. Легкость, съ какою мы можемъ время отъ времени наблюдать увеличеніе или уменьшеніе одного количества вмѣстѣ съ другимъ, достаточно доказываетъ связь между ними, хотя мы и не въ состояніи указать какой нибудь точный законъ отношенія. Вѣроятность въ такихъ случаяхъ зависитъ отъ частаго совпаденія во времени.

Эмпирическіе математическіе законы.

Весьма важно составить себѣ ясное понятіе о той роли, какую играютъ въ научныхъ изслѣдованіяхъ эмпирическіе формулы и законы. Если мы имѣемъ таблицу, содержащую извѣстныя величины измѣняющагося и соотвѣтствующія величины измѣняемаго, то есть математическіе процессы, посредствомъ которыхъ мы можемъ безошибочно открыть математическія формулы, дающія числа болѣе или менѣе точно согласныя съ таблицей. Мы можемъ вообще предположить, что количества будутъ приблизительно согласны съ закономъ формы

$$y = A + Bx + Cx^2,$$

въ которой x есть измѣняющееся и y измѣняемое. Затѣмъ мы можемъ взять изъ таблицы три величины y и соотвѣтствующія величины x; вставляя ихъ въ уравненіе, мы получаемъ три уравненія, рѣшеніе которыхъ даетъ намъ величины A, B и C. Оказывается, какъ общее правило, что полученныя такимъ образомъ формулы даютъ другія числа таблицы съ значительною степенью приближенія. Во многихъ случаяхъ даже вторая степень измѣняющагося не оказывается необходимой; Реньо нашелъ, что результаты его сложныхъ изслѣдованій о скрытой теплотѣ пара при различныхъ давленіяхъ выражаются съ достаточной точностью посредствомъ эмпирической формулы

$$\lambda = 606{,}5 + 0{,}305\, t,$$

къ которой λ есть вся теплота пара, а t температура [1]). Въ другихъ случаяхъ можетъ потребоваться взять и третью степень измѣняющагося. Такъ физики полагаютъ, что законъ расширенія жидкостей имѣетъ формулу

$$\delta t = at + bt^2 + ct^3,$$

---

[1]) Chemical Reports and Memoirs, Cavendish Society, p. 294.

и они вычисляютъ по результатамъ наблюденія величины трехъ постоянныхъ a, b, c, которыя обыкновенно бываютъ небольшими количествами, не превышающими одной сотой части единицы, но которыя нужно опредѣлять съ большою точностью ¹). Теоретически говоря, этотъ процессъ эмпирическаго выраженія можетъ быть примѣненъ съ какою угодно степенью точности; мы можемъ включить въ формулу еще высшія степени и при достаточномъ количествѣ труда получить величины постоянныхъ, употребляя равное число экспериментальныхъ результатовъ. Методъ наименьшихъ квадратовъ также можетъ быть употребленъ для полученія наиболѣе вѣроятныхъ величинъ постоянныхъ. Подобнымъ же образомъ всѣ періодическія измѣненія могутъ быть представлены со всякою требуемою степенью точности посредствомъ формулъ, содержащихъ синусы и косинусы угловъ и ихъ кратныя. Форма всякой приливо-отливной и всякой другой волны можетъ быть выражена такимъ же образомъ, какъ разъяснилъ Эйри ²). Почти всѣ явленія, записываемыя метеорологами, періодичны по характеру и когда они свободны отъ всякихъ возмущающихъ причинъ, то могутъ быть представлены въ эмпирическихъ формулахъ. Бессель далъ правило, по которому отъ всякаго правильнаго ряда наблюденій мы можемъ на основаніи метода наименьшихъ квадратовъ вычислить съ умѣреннымъ количествомъ труда формулу, выражающую измѣненіе наблюдаемаго количества самымъ вѣроятнымъ образомъ. Въ метеорологіи три или четыре члена обыкновенно достаточны для представленія всякаго періодическаго явленія, но вычисленіе можно довести до высшей степени точности. Такъ какъ подробности процесса были уже описаны Гершелемъ въ его трактатѣ о метеорологіи ³), то мнѣ нѣтъ надобности долѣе останавливаться на этомъ.

Читатель можетъ подумать, что въ этихъ процессахъ вычисленія мы имѣемъ безошибочное средство открывать индуктивные законы и что такимъ образомъ опровергаются мои прежнія положенія (глава VII) о чисто пробномъ и обратномъ характерѣ индуктивнаго процесса. Если бы дѣйствительно былъ какой нибудь общій методъ выведенія законовъ изъ фактовъ, тогда мое положеніе рушилось бы; но нужно постоянно имѣть въ виду то, что эти эмпирическія формулы не совпадаютъ съ естественными законами. Они представляютъ только приближенія къ результатамъ естественныхъ законовъ, основанныя на общихъ принципахъ приближенія. Было уже указано, что какъ бы ни была сложна природа кривой, однако мы можемъ изслѣдовать такую малую часть

---

¹) Жаменъ, Cours de Physique, v. II. p. 228.

²) On Tides and Waves, въ Encyclopaedia Metropolitana, p. 366.

³) Encyclopaedia Britannica, стат. Meteorology. Reprint, § 152—156.

ея или можемъ изслѣдовать ее съ такими грубыми способами приближенія, что ея уклоненіе отъ эллиптической кривой не будетъ замѣтно. Какъ еще болѣе грубое приближеніе мы можемъ даже взять часть прямой линіи, но если нужна болѣе высокая степень точности, тогда почти навѣрное можетъ быть достаточною кривая третьяго или четвертаго порядка. Эмпирическія формулы дѣйствительно и представляютъ эти приблизительныя кривыя, но они не даютъ намъ указаній на счетъ точныхъ свойствъ той кривой, къ которой они приближаются. Мы не узнаемъ, какую функцію измѣняющейся составляетъ измѣняемая, но мы получаемъ другую функцію, которая въ границахъ наблюденія даетъ почти тѣже величины.

Открытіе раціональныхъ формулъ.

Приступимъ теперь къ разсмотрѣнію способовъ, посредствомъ которыхъ на основаніи числовыхъ результатовъ мы можемъ установить дѣйствительное отношеніе между количествомъ причины и количествомъ дѣйствія. Намъ собственно нужна раціональная формула или функція, которая представляла бы основаніе, или точную природу происхожденія изслѣдуемаго закона. Нѣтъ слова, которое бы такъ часто употреблялось математиками, какъ слово *функція*, и однако же трудно опредѣлить его значеніе съ совершенною точностью. Первоначально оно значитъ исполненіе, совершеніе, отправленіе и въ этомъ смыслѣ равнозначно греческому λειτουργία или τέλεσμα. Математики сначала употребляли это слово для обозначенія *всякой степени количества*, но потомъ обобщили его, такъ что оно обозначало и «всякое количество, образующееся какимъ бы то ни было образомъ изъ другаго количества» [1]. Поэтому всякое количество, которое зависитъ отъ другого количества или измѣняется вмѣстѣ съ нимъ, есть его функція, и каждое изъ нихъ можетъ считаться функціей другого.

Дано нѣсколько количествъ, и намъ нужно узнать функцію, величины которой они составляютъ. Простое разсматриваніе чиселъ обыкновенно не можетъ привести къ открытію функцій. Въ одной изъ предшествующихъ главъ (с. 124) я предложилъ читателю нѣсколько чиселъ съ тѣмъ, чтобы онъ указалъ законъ, которому они повинуются; такой же точно вопросъ возникаетъ въ каждомъ случаѣ количественной индукціи. Существуетъ три метода, болѣе или менѣе различные, посредствомъ которыхъ можно надѣяться получить отвѣтъ:

---

[1] Лагранжъ, Leçons sur le Calcul des Fonctions, 1806, p. 4.

1) Пробованіе чисто на удачу.

2) Нахожденіе общаго характера измѣненій количествъ и пробованія преимущественно тѣхъ функцій, которыя даютъ подобную форму измѣненій.

3) Выводъ изъ прежнихъ знаній формы функціи, которая наиболѣе соотвѣтствуетъ цѣли.

Имѣя числовые результаты, мы можемъ придумать какую намъ угодно математическую формулу и затѣмъ пробовать, подбирая надлежащія величины для неизвѣстныхъ постоянныхъ количествъ, можетъ ли она дать намъ требуемые результаты. Если мы нападемъ на формулу, которая даетъ ихъ до значительной степени приближенія, то это уже говоритъ въ пользу того, что она есть настоящая функція, хотя это еще вовсе не достовѣрно. Такимъ путемъ я открылъ простой математическій законъ, который близко согласовался съ моими опытами надъ мышечной работой. Гофтонъ впослѣдствіи показалъ, что это настоящій раціональный законъ согласно съ его теоріей мышечнаго дѣйствія [1]).

Но шансы успѣха при этомъ способѣ малы. Число возможныхъ функцій безконечно и даже число сравнительно простыхъ функцій такъ велико, что вѣроятность напасть случайно на вѣрную функцію весьма мала. Даже когда мы получаемъ законъ, то это достигается посредствомъ дедуктивнаго процесса, именно намъ доказываютъ его не тѣмъ, что числа даютъ законъ, а тѣмъ, что законъ даетъ числа.

По второму способу мы можемъ, разсмотрѣвши числа, получить общее понятіе о родѣ закона, которому они повинуются, и при этомъ способѣ намъ много можетъ помочь то, если мы представимъ ихъ въ формѣ кривой. Этимъ путемъ мы можемъ съ нѣкоторою вѣроятностью опредѣлить, сомкнется ли кривая, или она имѣетъ безконечныя вѣтви, ассимптотичны ли такія вѣтви, т. е, приближаются ли они безконечно къ прямымъ линіямъ, логариѳмична ли она по характеру или тригонометрична. Это мы можемъ сдѣлать только въ такомъ случаѣ, если помнимъ результаты предшествующихъ изслѣдованій. Процессъ все еще остается обратно дедуктивнымъ и состоитъ въ разсмотрѣніи того, какіе законы даютъ извѣстнаго рода кривыя и затѣмъ въ обратномъ заключеніи, что такія кривыя относятся къ такимъ законамъ. Если мы можемъ этимъ путемъ открыть классъ функцій, къ которымъ принадлежитъ искомый законъ, то наши шансы на успѣхъ сильно увеличиваются, потому что наши пробы наудачу ограничиваются теперь болѣе тѣсной сферой. Но если только мы не имѣемъ передъ собою почти всей кривой, то опредѣленіе ея характера будетъ очень недостовѣрнымъ; если же, какъ въ большей части физическихъ изслѣдованій, мы имѣемъ только небольшую часть кривой, то помощь оказываемая ею почти чистая иллюзія. Кривыя почти всякаго характера могутъ до извѣстной ограниченной степени приближаться одна къ другой, такъ что мы можемъ только случайно угадать настоящую функцію, если только мы не имѣемъ предварительнаго теоретическаго знанія о родѣ функціи примѣнимой къ данному случаю.

---

[1]) Гофтонъ, Principles of Animal Mechanics, 1877. p. 444—450. Джевонсъ Nature, 1870, v. II. p. 158. См. тамъ же опыты Нифера въ American Journal of Science, v. IX. p. 130. v. X. п. 1. Nature, v. XI. p. 256, 276.

Когда мы получили то, что намъ кажется вѣрной формой функціи, то остальное наше дѣло состоитъ въ математическихъ вычисленіяхъ совершаемыхъ безошибочно по опредѣленнымъ правиламъ [1]), въ число которыхъ входятъ и правила употребляемыя при опредѣленіи эмпирическихъ формулъ. Функція будетъ содержать двѣ, три или болѣе неизвѣстныхъ постоянныхъ, величины которыхъ намъ нужно опредѣлить посредствомъ нашихъ экспериментальныхъ результатовъ. Выбравши нѣкоторые изъ нашихъ результатовъ и сильно расходящіеся, и близкіе между собою, мы составляемъ изъ нихъ столько уравненій, сколько есть постоянныхъ требующихъ опредѣленія. Рѣшеніе этихъ уравненій и дастъ намъ требуемыя постоянныя; и имѣя теперь дѣйствительную функцію, мы можемъ попробовать, дастъ ли она съ достаточною точностью остальные наши экспериментальные результаты. Если этого не будетъ, тогда мы должны или сдѣлать новый выборъ результатовъ для составленія новаго ряда уравненій и такимъ образомъ получить новый рядъ величинъ для постоянныхъ, или признать, что наша форма функціи выбрана ошибочно. Если же окажется, что форма функціи правильна, тогда мы можемъ считать постоянныя только приблизительно точными и можемъ посредствомъ метода наименьшихъ квадратовъ опредѣлить наиболѣе вѣроятныя величины, какъ они даются всею массою экспериментальныхъ результатовъ.

Во многихъ случаяхъ мы можемъ почувствовать надобность обратиться къ третьему способу, т. е. мы можемъ взять прямо a priori форму закона, ожидаемаго на основаніи прежнихъ знаній. Теорія и аналогія должны быть нашими руководителями. Общая природа явленій часто указываетъ на родъ закона, котораго нужно ожидать. Если одинъ родъ энергіи или вещества превращается въ другой, тогда нужно ожидать закона прямой простой пропорціональности. Въ одномъ отдѣльномъ классѣ случаевъ дѣйствіе уже произведенное имѣетъ вліяніе на количество получающагося дѣйствія, какъ напримѣръ при охлажденіи нагрѣтаго тѣла, когда законъ будетъ представлять какую нибудь степень. Когда направленіе силы вліяетъ на ея дѣйствіе, тогда имѣютъ мѣсто тригонометрическія функціи. Всякое вліяніе распространяющееся свободно по пространству трехъ измѣреній подчинено закону обратной пропорціональности квадрату разстояній. На основаніи такихъ соображеній мы иногда можемъ дедуктивно и аналогически придти къ общей природѣ искомаго математическаго закона.

---

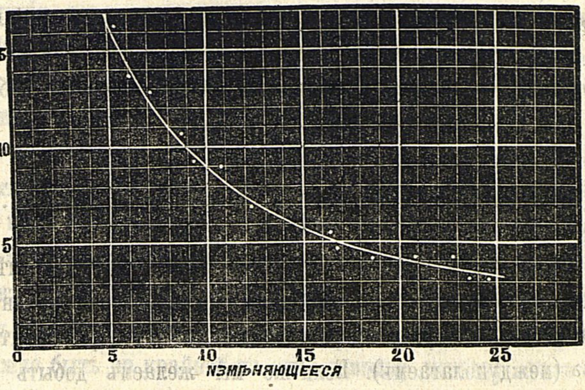
[1]) Жаменъ, Cours de Physique, v. II. 50.

Графическій методъ.

При отысканіи математическихъ законовъ, управляющихъ полученными экспериментальными результатами, часто бываетъ выгодно обратиться къ пособію пространственныхъ представленій. Всякое уравненіе заключающее два измѣняющіяся количества соотвѣтствуетъ какому нибудь роду плоской кривой, и каждая плоская кривая можетъ быть символически представлена въ уравненіи содержащемъ два неизвѣстныя количества. Въ экспериментальномъ изслѣдованіи мы получаемъ извѣстное число величинъ измѣняемаго, соотвѣтствующихъ такому же числу величинъ измѣняющагося; но всѣ получаемыя числа выходятъ болѣе или менѣе съ погрѣшностями и величины измѣняющагося количества часто располагаются неправильно. Даже если числа абсолютно вѣрны и расположены правильными промежутками, то и тогда, какъ мы видѣли, нѣтъ прямаго способа для открытія закона; но трудность открытія еще болѣе увеличивается вслѣдствіе недостовѣрности и неправильности результатовъ.

При такихъ обстоятельствахъ самое лучшее, что можно сдѣлать, это взять бумагу раздѣленную на равные прямоугольники, самая удобная величина для которыхъ одна десятая квадратнаго дюйма. Величины измѣняющагося обозначаются на самой низшей горизонтальной линіи; величины же измѣняемаго обозначаются точками, которыя ставятся въ вертикальномъ направленіи надъ величинами измѣняющагося и притомъ на такой высотѣ, которая соотвѣтствуетъ величинѣ измѣняемаго.

Точность масштаба чертежа не имѣетъ большой важности, но иногда его нужно приспособлять къ разнымъ обстоятельствамъ и давать различную величину отвѣснымъ и горизонтальнымъ дѣленіямъ, чтобы измѣненія были болѣе замѣтны; но нѣтъ надобности, чтобы они уже были слишкомъ велики. Если провести кривую линію черезъ всѣ точки или концы ординатъ, то она вѣроятно представитъ неправильныя уклоненія, происходящія отъ погрѣшностей заключающихся въ числахъ. Но когда есть много добытыхъ результатовъ, тогда становится замѣтнымъ, какіе результаты болѣе уклоняются въ сторону, чѣмъ другіе, и руководствуясь такъ называемымъ *чувствомъ непрерывности* можно начертить линію между точками, которая будетъ болѣе приближаться къ истинному закону, чѣмъ сами точки. Предлагаемый чертежъ ясенъ самъ по себѣ.



Перкинсъ употреблялъ этотъ графическій методъ для представленія результатовъ его опытовъ надъ сжатіемъ воды [1]. Числовые результаты отмѣчались на листѣ бумаги весьма аккуратно разлинованной съ промежутками въ одну десятую дюйма, и эти подлинныя отмѣтки были сохранены на чертежѣ, для того чтобы самъ читатель могъ судить о вѣрности проведенной кривой или самъ могъ провести свою кривую. Реньо довелъ этотъ методъ до совершенства, дѣлая точки винтомъ дѣлительной машины [2]; и затѣмъ онъ составилъ таблицу результатовъ, нарисовавши непрерывную кривую и измѣривши ея высоту для равноотстоящихъ величинъ измѣняющагося. Полученная такимъ образомъ кривая не только даетъ намъ возможность выводить числовые результаты болѣе свободные отъ случайныхъ погрѣшностей, чѣмъ числа получаемыя прямо изъ опытовъ, но самая форма кривой иногда указываетъ классъ функцій, къ которымъ относятся наши результаты.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ наши числовые результаты будутъ соотвѣтствовать не высотѣ отдѣльныхъ ординатъ, но площадямъ кривой между двумя ординатами, или средней высотѣ между извѣстными границами. Если мы напр. измѣряемъ количества теплоты поглощаемой водою, когда температура ея повышается отъ 0° до 5°, отъ 5° до 10° и т. д., то эти количества дѣйствительно будутъ выражаться площадями кривой обозначающей удѣльную теплоту воды; и такъ какъ удѣльная теплота измѣняется непрерывно между каждыми двумя точками температуры, то мы не получили бы вѣрной кривой, если бы стали просто отмѣчать количества теплоты при промежуточныхъ температурахъ, именно при $2^{1}/_{2}$° и $7^{1}/_{2}$° и т. д. Лордъ Рейлейфъ показалъ, что если бы мы начертили такую неправильную кривую, то могли бы безъ большаго труда исправить ее простымъ геометрическимъ дѣйствіемъ и получить съ достаточнымъ приближеніемъ настоящія ординаты вмѣсто ординатъ обозначающихъ площади [1]).

---

[1] Phil. Trans., 1826, p. 544.

[2] Жаменъ, Cours de Phys., v. II. p, 24 etc.

Интерполированіе и экстраполированіе.

Когда мы получили экспериментальнымъ путемъ два или нѣсколько числовыхъ результатовъ и затѣмъ стараемся, не производя дальнѣйшихъ опытовъ, вычислить промежуточные результаты, тогда говорится, что мы *интерполируемъ* (междуполагаемъ). Если же мы желаемъ добыть посредствомъ умозаключенія результаты лежащіе внѣ предѣловъ эксперимента, тогда по выраженію Эйри, мы *экстраполируемъ* (внѣполагаемъ). Эти двѣ операціи одинаковы въ принципѣ, но различны на практикѣ. Въ высшей степени важно точно уяснить себѣ, какъ далеко мы можемъ вести примѣненіе интерполированіяи экстраполированія и на какихъ основаніяхъ это дѣлается.

Проще всего, если интерполированіе должно быть болѣе чѣмъ эмпирическимъ, то мы должны имѣть не только экспериментальные результаты, но и законы, которымъ они повинуются,—мы должны совершить полный процессъ научнаго изслѣдованія. Открывши законы природы примѣняющіеся къ данному случаю и доказавши ихъ вѣрность тѣмъ, что они согласуются съ произведенными опытами, мы уже имѣемъ возможность предугадать результаты подобныхъ опытовъ. Но даже и теперь наше знаніе не достовѣрно, потому что мы не можемъ исчерпать всѣхъ обстоятельствъ, которыя могутъ влiять на результатъ. Поэтому въ самомъ лучшемъ случаѣ нашимъ интерполяціямъ недостаетъ точности и достовѣрности совершенно также, какъ всѣмъ нашимъ знаніямъ о природѣ. Однако, когда мы имѣемъ предполагаемые законы, тогда наши результаты будутъ имѣть такую достовѣрность и точность, какая вообще достижима для насъ. Но такая полная процедура есть уже нѣчто болѣе того, что обыкновенно разумѣется подъ интерполяціей, которая обозначаетъ методъ опредѣленія только приблизительнымъ образомъ результатовъ, которыхъ можно ожидать независимо отъ теоретическаго изслѣдованія.

---

[1]) Струттъ, On a correction sometimes required in curves professing to represent the connexion between two physical magnitudes. Phil. Mag. 4 ser. v. XLII. p. 441.

Разсматриваемая съ этой точки зрѣнія интерполяція есть собственно неопредѣленная задача. По даннымъ величинамъ функціи невозможно опредѣлить эту функцію; потому что мы можемъ придумать безконечное число функцій, которыя дадутъ эти величины, если мы не ограничены какими нибудь условіями, подобно тому какъ черезъ данный рядъ точекъ мы можемъ провести безконечное число кривыхъ, если мы можемъ по произволу уклоняться отъ этихъ точекъ, дѣлать загибы и изгибы [1]). Въ интерполяціи мы должны болѣе или менѣе руководиться соображеніями a priori; мы должны знать напр., можно ли ожидать или нѣтъ періодическихъ колебаній. Предполагая, что явленіе не періодично, мы потомъ дѣлаетъ догадку, что функція можетъ быть выражена ограниченнымъ рядомъ степеней измѣняющагося количества. Число степеней могущихъ имѣть при этомъ мѣсто зависитъ отъ числа опытныхъ годныхъ результатовъ и должно быть по крайней на одну единицу меньше этого числа. По правиламъ, о которыхъ мы уже упоминали въ параграфѣ объ эмпирическихъ формулахъ, мы вычисляемъ коэффиціенты степеней и получаемъ эмпирическую формулу, которая даетъ требуемые промежуточные результаты. Поэтому въ сущности мы возвращаемся къ методамъ разсмотрѣннымъ уже въ параграфахъ о приближеніи и эмпирическихъ формулахъ; и интерполяція, какъ она обыкновенно понимается, состоитъ въ предположеніи, что кривая простаго характера должна пройти чрезъ извѣстныя опредѣленныя точки. Если мы имѣемъ напр. два экспериментальныхъ результата и только два, то мы предполагаемъ, что кривая есть прямая линія; потому что параболы, которыя могутъ проходить черезъ двѣ точки, безконечно различны по величинѣ и совершенно неопредѣленны. Только одна прямая линія можетъ проходить черезъ двѣ точки и она будетъ имѣть уравненіе формы $y=mx+n$, постоянныя количества котораго могутъ быть опредѣлены изъ двухъ результатовъ. Такъ если двѣ величины для X, 7 и 11, даютъ величины для y 35 и 53, то рѣшеніе двухъ уравненій даетъ уравненіе $y=4,5\times X+3,5$, и для всякой другой величины X, напр. 10, мы получаемъ величину y, т. е. 48,5. Если мы возьмемъ среднюю величину X, именно 9, то этотъ процессъ дастъ простой средній результатъ. Когда даны три экспериментальные результата, то мы предполагаемъ, что они приходятся на часть параболы, и алгебраическое вычисленіе даетъ положеніе всякой промежуточной точки на параболѣ. Относительно процесса интерполяціи, какъ онъ употребляется въ метеорологіи, читатель найдетъ нѣкоторыя указанія въ французскомъ изданіи Метеорологіи Кемтца [1]).

---

[1]) Гершель о Differential Calculus Лакруа. p. 551.

Когда мы получили или прямымъ опытомъ или посредствомъ употребленія кривой рядъ величинъ измѣняемаго для равноотстоящихъ величинъ измѣняющагося количества, тогда поучительно взять разности между каждой величиной измѣняемаго и непосредственно слѣдующей за ней и затѣмъ разности между этими разностями и т. д. Если какой нибудь рядъ разностей приближается къ нулю, то это служитъ указаніемъ на то, что числа могутъ быть вѣрно представлены посредствомъ конечной эмпирической формулы; если n разностей равны нулю, тогда формула будетъ содержать только первыя $n-1$ степени измѣняющагося. И мы можемъ иногда посредствомъ вычисленія разностей получить вѣрную эмпирическую формулу; потому что если p будетъ первый членъ ряда величинъ, а $\triangle p$, $\triangle^2 p$, $\triangle^3 p$ первое число въ каждомъ столбцѣ разностей, тогда m членъ ряда величинъ будетъ

$$p + m\triangle p + m\frac{m-1}{2}\triangle^2 p + m\frac{m-1}{2}\cdot\frac{m-2}{3}\triangle^3 p + \text{ и проч.}$$

Очень сходная, но болѣе удобная формула для интерполяціи разностей, данная Лагранжемъ, находится въ Elements of Natural Philosophy Томсона и Тэта, p. 115.

Если ни одинъ столбецъ разностей не обнаруживаетъ тенденціи давать вездѣ нуль, то это служитъ указаніемъ того, что законъ болѣе сложенъ, напр. имѣетъ показательный характеръ, такъ что его нужно разработывать иначе. Гопкинсъ предложилъ методъ ариѳметической интерполяціи [2]), имѣющей цѣлью избѣжать того, что есть произвольнаго въ графическомъ методѣ. Его процессъ въ рукахъ всякаго даетъ одинаковые результаты.

Всегда, когда мы можемъ дойти по умозаключенію до результатовъ относительно измѣненій, лежащихъ далѣе границъ эксперимента, мы должны руководиться этими же принципами. Если возможно мы должны открыть точные законы дѣйствующіе въ явленіи и затѣмъ положиться на нихъ какъ на руководство, когда нельзя произвести опыта. Если же это невозможно, то единственнымъ нашимъ рессурсомъ остается эмпирическая формула такого же характера, какъ и формулы употребляющіяся при интерполяціи. Но крайне ненадежно распространять наши умозаключенія слишкомъ далеко за предѣлы опыта. Наше знаніе въ лучшемъ случаѣ только приблизительно и не принимаетъ въ соображеніе незначительныхъ тенденцій. Но обыкновенно случается, что тенденціи незначительныя въ предѣлахъ нашего наблюденія становятся замѣтными или большими при крайнихъ обстоятельствахъ. Когда измѣняющееся количество въ нашей эмпирической формулѣ мало, то мы имѣемъ право оставить безъ вниманія высшія степени и взять только двѣ или три низшія степени. Но по мѣрѣ того, какъ измѣняющееся увеличивается, высшія степени получаютъ больше важности и въ тоже время дѣлаются главною частью величины функціи.

---

[1]) Cours complet de Météorologie. *Note* A, p. 449.

[2]) On the Calculation of Empirical Formulae. Messenger of Mathematics. New ser. N 17, 1872.

И это не есть только теоретическое умозаключеніе. Исключая немногихъ основныхъ законовъ, каковы напр. законъ тяготѣнія, сохраненія энергіи и проч., едва ли есть какой нибудь естественный законъ, на который мы могли бы положиться при обстоятельствахъ значительно отличныхъ отъ тѣхъ, которыя извѣстны намъ по опыту. По расширенію или сжиманію, плавленію или испаренію веществъ на земной поверхности мы едвали можемъ составить себѣ хоть приблизительное понятіе о томъ, что должно происходить въ центрѣ земли, гдѣ давленіе безконечно превышаетъ всякое давленіе возможное при нашихъ опытахъ. Физика земли даетъ намъ слабое понятіе о такомъ тѣлѣ какъ солнце, въ которомъ невообразимо высокая температура соединена съ невообразимо высокимъ давленіемъ. Если въ глубинахъ міроваго пространства есть туманности состоящія изъ раскаленныхъ и неокисленныхъ паровъ металловъ и другихъ элементовъ, столь раскаленныхъ, что не можетъ быть и рѣчи объ ихъ химическомъ соединеніи, то мы едвали можемъ считать ихъ предметами, къ которымъ примѣнимы научныя умозаключенія. Это показываетъ большую важность опытовъ, въ которыхъ мы изслѣдуемъ свойства веществъ при крайнихъ обстоятельствахъ холода или жара, плотности или разрѣженности, сильнаго электрическаго напряженія и проч. Эта ненадежность расширенія нашихъ умозаключеній происходитъ отъ приблизительнаго характера нашихъ измѣреній. Если бы мы имѣли возможность замѣтить безконечно малыя количества, то могли бы по принципу непрерывности открыть какой нибудь слѣдъ всякаго измѣненія, которому можемъ подвергнуться вещество при недостижимыхъ для насъ обстоятельствахъ. Опредѣливши посредствомъ наблюденій упругость водянаго пара между 0° и 100° Ц., мы теоретичиски должны имѣть возможность заключать объ его упругости при всякой другой температурѣ; но практически объ этомъ не можетъ быть и рѣчи, потому что даже въ предѣлахъ этихъ температуръ мы не можемъ точно опредѣлить закона.

Можно привести много примѣровъ показывающихъ, что законы, которые повидимому вѣрно представляютъ результаты опытовъ внутри извѣстныхъ границъ, оказываются совершенно несостоятельными далѣе этихъ границъ. Опыты Роско и Дитмара надъ поглощеніемъ газовъ водою [1]) представляютъ собою такой интересный примѣръ, особенно относительно хлористоводородной кислоты, количество которой растворяющееся въ водѣ при различныхъ давленіяхъ слѣдуетъ весьма близко линейному закону измѣненія, отъ котораго однако сильно уклоняется при низкихъ давленіяхъ [2]). Гершель, выведши изъ наблюденій двойной звѣзды γ Дѣвы эллиптическую орбиту движенія одной здѣзды вокругъ центра тяжести другой, нашолъ, что до времени движеніе звѣзды удовлетворительно согласовалось съ этой орбитой. Тѣмъ не менѣе разногласіе стало обнаруживаться и спустя нѣсколько времени сдѣлалось столь значительнымъ, что потребовалось наконецъ принять совершенно новую орбиту болѣе чѣмъ вдвое большихъ размѣровъ [3]).

Объяснительные примѣры эмпирическихъ количественныхъ законовъ.

Хотя при количественномъ изслѣдованіи наша цѣль состоитъ въ томъ, чтобы открыть точныя или раціональныя формулы, выражающія законы управляющіе явленіемъ, однакоже во многихъ отрасляхъ науки до сихъ поръ еще не было открыто никакихъ точныхъ законовъ. Упругость водяного пара при различныхъ температурахъ была опредѣляема послѣдовательно знаменитыми экспериментаторами, Дальтономъ, Кемтцомъ, Дюлономъ, Араго, Магнусомъ и Реньо, изъ которыхъ послѣдній велъ измѣренія чрезвычайно тщательно. Однакоже и до сихъ поръ не установлено неоспоримаго общаго закона. Было предложено нѣсколько функцій для выраженія упругой силы пара въ зависимости отъ температуры. Первая предложена Юнгомъ, именно $F = (a + bt)^m$, въ которой a, b и m неизвѣстныя количества, которыя должны опредѣляться наблюденіемъ. Рошъ на теоретическихъ основаніяхъ предложилъ сложную формулу показательной формы, а третья форма функціи принадлежитъ Біо [4]) въ такомъ видѣ $\log. F = a + b\alpha^t + c\beta^t$. Я привожу эти формулы, потому что они ясно показываютъ ограниченность средствъ опытнаго изслѣдованія. Ни одна изъ этихъ формулъ не имѣетъ близкаго соотвѣтствія съ опытными результатами, а двѣ послѣднія соотвѣтствуютъ имъ почти одинаково близко. Мало вѣроятности, чтобы они выражали дѣйствительный законъ и этотъ законъ едвали когда нибудь можетъ быть открыть иначе, чѣмъ посредствомъ дедукціи изъ механической теоріи.

---

[1]) Уаттсъ, Dictionary of Chemistry. v. II. p. 790.

[2]) Quarterly, Journal of the Chem. Soc., v. III. p. 15.

[3]) Results of Observations at the Cape of Good Hope, p. 293.

[4]) Жаменъ, Cours de Phys. v. II. p. 138.

Много остроумія и труда было потрачено на открытіе какого нибудь общаго закона атмосфернаго преломленія (рефракціи). Тихо Браге и Кеплеръ начали изслѣдованія; Кассини первый составилъ таблицу рефракцій вычисленную на теоретическихъ основаніяхъ; Ньютонъ глубоко затронулъ этотъ предметъ: Брукъ Тейлоръ, Буге, Симпсонъ, Брадлей, Майеръ и Крампъ послѣдовательно брались за вопросъ, который имѣетъ высокую практическую важность вслѣдствіе связи его съ астрономическими наблюденіями. Затѣмъ предметъ этотъ разработывалъ Лапласъ, не исчерпавши его, а потомъ Бринксли и Айвори. Однако истинный законъ не былъ открытъ. Тоже самое можно сказать и относительно закона смертности; есть много разработанныхъ статистическихъ матеріаловъ по этому предмету и было предложено много болѣе или менѣе удовлетворительныхъ гипотезъ на счетъ формы кривой смертности; но кажется едвали возможно открыть что нибудь больше кромѣ приблизительнаго закона.

Могутъ возразить, что въ подобныхъ предметахъ нельзя и ожидать одного неизмѣннаго закона. Атмосфера можетъ быть раздѣлена на нѣсколько различныхъ слоевъ, которые своими независимыми измѣненіями разстраиваютъ точныя вычисленія астрономовъ. Человѣческая жизнь можетъ быть подвержена въ разные возрасты ряду различныхъ вліяній, которыя нельзя подвести подъ какой нибудь законъ. Наблюденные результаты могутъ быть на дѣлѣ аггрегатами громаднаго числа отдѣльныхъ результатовъ, изъ которыхъ каждый управляется своими особенными законами, такъ что предметы могутъ представлять сложность, превышающую возможность полнаго рѣшенія эмпирическими методами. Это все несомнѣнно вѣрно и о математическихъ функціяхъ, которыя рано или поздно должны быть введены въ политическую экономію.

Простое пропорціональное измѣненіе.

Когда мы въ первый разъ приступаемъ къ разработкѣ числовыхъ результатовъ въ какой нибудь отрасли изслѣдованія, то намъ вѣроятно покажется, что одно количество измѣняется *въ простой пропорціи* къ другому, такъ что они повинуются закону $y = mx + n$. Но мы должны тщательно отличать тѣ случаи, въ которыхъ такая пропорціональность дѣйствительно существуетъ, отъ тѣхъ, гдѣ она только приблизительна. Разсматривая принципы приближенія, мы находимъ, что небольшая часть всякой кривой можетъ представляться прямой линіей. Когда наши способы измѣренія сравнительно грубы, тогда мы не можемъ ожидать, чтобы намъ удалось открыть кривизну. Кеплеръ сдѣлалъ замѣчательныя попытки открыть законъ преломленія и онъ приблизился къ нему, когда нашолъ, что углы паденія и преломленія, *когда они малы,* находятся въ постоянномъ отношеніи между собою. Когда углы малы, то они относятся между собою почти какъ ихъ синусы; тамъ что онъ получилъ приблизительный результатъ вѣрнаго закона. Карданъ предполагалъ—но вѣроятно это была просто догадка, — что сила нужная для того, чтобы удержать тѣло на наклонной плоскости просто пропорціональна углу наклона плоскости. Это приблизительно вѣрно въ тѣхъ случаяхъ, когда уголъ малъ, но собственно законъ болѣе сложенъ и требуемая сила пропорціональна синусу угла. Первые ученые, устраивавшіе термометры, не знали, пропорціонально ли или нѣтъ расширеніе ртути сообщаемой ей теплотѣ, и только въ настоящемъ столѣтіи стало извѣстно, что оно не пропорціонально. Теперь мы знаемъ, что даже газы только приблизительно повинуются закону равномѣрнаго расширенія отъ теплоты. Пока не будетъ доказано противное, намъ слѣдуетъ смотрѣть на всякій законъ простой пропорціональности только какъ на приблизительно и временно вѣрный.

Тѣмъ не менѣе многіе важные законы природы имѣютъ форму простыхъ порцій. Вездѣ, гдѣ причина дѣйствуетъ независимо отъ ея предшествующихъ дѣйствій, мы можемъ ожидать такого отношенія. Ускоряющая сила дѣйствуетъ одинаково на движущееся и покоющееся тѣло. Поэтому получаемая скорость просто пропорціональна силѣ и продолжительности ея равномѣрнаго дѣйствія. Такъ какъ тяготѣющія тѣла никогда не мѣшаютъ дѣйствію тяжести другъ друга, то эта сила находится въ прямой простой пропорціональности массѣ каждаго изъ притягивающихъ тѣлъ, причемъ масса измѣряется инерціей или пропорціональна инерціи. Подобнымъ же образомъ во всѣхъ случаяхъ «безпрепятственнаго дѣйствія», какъ замѣтилъ Гершель [1]), мы можемъ ожидать простой пропорціональности. Въ такихъ случаяхъ уравненіе выражающее отношеніе можетъ имѣть простую форму $y = mx$.

Подобное же отношеніе существуетъ и въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ происходитъ превращеніе одного вещества или одной формы энергіи въ другія. Количество сложнаго соединенія равно количеству соединившихся въ немъ элементовъ. Теплота производимая треніемъ точно пропорціональна истраченной механической силѣ. Было доказано экспериментально Фарадеемъ, что «химическая сила электрическаго тока прямо пропорціональна количеству проходящаго электричества». Когда образуется электрическій токъ, то количество электрической силы просто пропорціонально вѣсу растворившагося металла. Когда электричество обращается въ теплоту, то при этомъ имѣетъ мѣсто таже простая пропорціональность. Вообще вездѣ, гдѣ одна вещь дѣлается другою вещью, такою же, но только въ другомъ видѣ, мы можемъ ожидать встрѣтить законъ простой пропорціональности. Но это простое отношеніе оказывается вѣрнымъ только въ самыхъ элементарныхъ случаяхъ. Простыя условія, говоря вообще, не производятъ простыхъ результатовъ. Планеты движутся приблизительно по кругамъ вокругъ солнца, но видимыя движенія ихъ, какъ они кажутся съ земли, весьма разнообразны. Кромѣ того всѣ эти движенія суммируются въ законѣ тяготѣнія представляющемъ небольшую сложность; и однако же люди никогда не были и вѣроятно никогда не будутъ въ состояніи исчерпать сложныя дѣйствія и реакціи происходящія отъ этого закона даже относительно небольшаго числа планетъ. Мы должны быть постоянно настороже противъ тенденціи предполагать, что связь между причиною и дѣйствіемъ есть связь простой пропорціональности. Беконъ напоминаетъ намъ о женщинѣ въ извѣстной баснѣ Эзопа, которая ожидала, что ея курица, если ей давать двойную пропорцію корму, будетъ нести два яйца въ день вмѣсто одного, между тѣмъ какъ курица, сдѣлавшись жирнѣе, перестала вовсе нестись. Это мудрое правило, что половина часто бываетъ лучше чѣмъ цѣлое.

---

[1]) Preliminary Discourse, p. 152.

ГЛАВА XXIII.

УПОТРЕБЛЕНІЕ ГИПОТЕЗЪ.

Если взгляды высказываемые въ этомъ сочиненіи вѣрны, то всякое индуктивное изслѣдованіе состоитъ въ соединеніи гипотезы съ опытомъ. Когда у насъ на лицо есть факты, тогда мы придумываемъ гипотезу, чтобы объяснить ихъ отношенія, и по успѣху этого объясненія нужно судить о достоинствѣ гипотезы. При составленіи и разработкѣ такихъ гипотезъ мы должны употреблять въ дѣло всю массу уже накопленнаго научнаго знанія, и разъ мы получили вѣроятную гипотезу, мы не должны успокоиваться до тѣхъ поръ, пока не повѣримъ ея сравненіемъ съ новыми фактами. Мы должны стараться посредствомъ декутивнаго умозаключенія предуказать явленія, преимущественно явленія особеннаго и исключительнаго характера, которыя должны случиться, если гипотеза вѣрна. Изъ безконечнаго числа возможныхъ опытовъ теорія должна указать намъ выбрать такіе критическіе опыты, которые особенно пригодны для подтвержденія или отрицанія нашихъ предуказаній.

При этомъ дѣлѣ индуктивнаго изслѣдованія нельзя руководиться какою нибудь системою точныхъ и безошибочныхъ правилъ подобныхъ правиламъ дедуктивнаго умозаключенія. И дѣйствительно нѣтъ ничего, къ чему бы можно было примѣнять правила метода, потому что мы должны сначала добыть законы природы, прежде чѣмъ приниматься за ихъ разработку. Если бы было какое нибудь правило индуктивнаго метода, то оно требовало бы, чтобы мы сдѣлали исчерпывающее расположеніе фактовъ во всѣхъ возможныхъ порядкахъ. Имѣя цѣлый музей предметовъ, мы можемъ дойти до самой лучшей классификаціи ихъ, если систематически перепробуемъ всѣ возможныя классификаціи и если бы мы располагали безконечнымъ временемъ и терпѣніемъ, то это былъ бы дѣйствительный методъ. По этому методу дѣлались первые шаги во всякой начинавшейся наукѣ. Прежде чѣмъ являлось нѣчто достойное имени науки, нѣкоторыя совпаденія насильно привлекали къ себѣ вниманіе. Когда еще метеорологіи не существовало, наблюдательные люди уже ставили въ связь ясность атмосферы съ предстоящимъ дождемъ и безоблачный заходъ солнца съ хорошей погодой. Знаніе этого рода называется *эмпирическимъ*, такъ какъ оно повидимому прямо вытекаетъ изъ опыта; и значительная доля знанія имѣетъ именно этотъ характеръ.

Мы принуждены полагаться на случайное открытіе совпаденій въ тѣхъ отрасляхъ знанія, гдѣ мы лишены помощи какихъ нибудь руководящихъ понятій, но небольшое размышленіе показываетъ крайнюю недостаточность опытовъ наудачу, когда они дѣлаются при изслѣдованіяхъ сложнаго характера. Въ самомъ лучшемъ случаѣ такимъ образомъ можетъ быть открыто простое тожество, или частное тожество классовъ, какъ объяснено на стран. 126 и 132. Мы показали, что если законъ природы заключаетъ только два обстоятельства и есть сто отдѣльныхъ обстоятельствъ, которыя могутъ находиться въ связи между собою, тогда будетъ не менѣе 4950 паръ обстоятельствъ, между которыми можетъ существовать совпаденіе. Когда законъ содержитъ три или болѣе обстоятельствъ, тогда возможное число отношеній становится чрезвычайно большимъ. При взглядѣ на ученіе о сочетаніяхъ и перемѣщеніяхъ становится очевиднымъ, что мы не можемъ справиться съ возможнымъ разнообразіемъ природы. Оказывается, что не можетъ быть и рѣчи объ исчерпывающемъ изслѣдованіи возможныхъ металлическихъ сплавовъ или химическихъ соединеній (стр. 186).

Такими соображеніями мы можемъ объяснить весьма малыя приращенія сдѣланныя къ нашему знанію алхимиками. Многіе изъ нихъ были люди очень проницательные и неутомимые труды подобныхъ лицъ длились нѣсколько столѣтій. Они открыли немногое; и вѣрный взглядъ на природу даетъ современнымъ химикамъ возможность открыть въ теченіи года больше полезныхъ фактовъ, чѣмъ сколько ихъ было открыто алхимиками въ теченіи многихъ столѣтій. Несомнѣнно, что Ньютонъ былъ алхимикомъ и что онъ часто трудился день и ночь надъ алхимическими опытами. Но при его изслѣдованіяхъ направленныхъ къ тому, чтобы открыть секретъ, помощью котораго грубые металлы можно было бы превратить въ благородные, его великія способности научной индукціи были совершенно безполезны. При отсутствіи всякой руководящей нити его опыты, подобно опытамъ всѣхъ алхимиковъ, велись ощупью и наудачу. Въ то время какъ его гипотетическія и дедуктивныя изслѣдованія дали намъ вѣрную систему вселенной и открыли новые пути почти во всѣхъ большихъ отрасляхъ естествознанія, всѣ результаты его пробныхъ опытовъ наудачу ограничивались нѣсколькими счастливыми догадками, высказанными въ его знаменитыхъ

Queries. Даже когда мы занимаемся повидимому чисто пассивнымъ наблюденіемъ явленія, котораго мы не можемъ измѣнять экспериментально, и тогда бываетъ полезно, чтобы наше вниманіе руководилось теоретическими предуказаніями. Явленіе кажущееся простымъ въ дѣйствительности можетъ быть очень сложнымъ, и если умъ дѣятельно не настроенъ слѣдить за извѣстными особенными подробностями, то легко можетъ случиться, что самыя критическія рѣшающія обстоятельства останутся незамѣченными. Бессель сожалѣлъ, что его наблюденіями надъ кометой Галлея не руководила какая нибудь опредѣленная теорія строенія кометъ [1]); при существованіи цѣли повѣрить или опровергнуть гипотезу не только могъ бы быть шансъ установить вѣрную теорію, но еще еслибы она и была опровергнута, то опроверженіе принесло бы съ собою запасъ полезныхъ наблюденій.

Было бы интересно прослѣдить постепенную реакцію, которая возникла въ новѣйшее время противъ чисто эмпирической или беконовской теоріи индукціи. Ф. Беконъ, видя безполезность схоластической логики такъ долго господствовавшей, пришолъ къ убѣжденію, что накопленіе фактовъ и правильный выводъ изъ нихъ аксіомъ или общихъ законовъ составляетъ вѣрный методъ индукціи. Но и самому Бекону было не безъизвѣстно достоинство гипотетическихъ предуказаній. Въ одномъ или двухъ мѣстахъ онъ мимоходомъ призналъ его, именно тамъ, гдѣ онъ замѣчаетъ, что утонченность природы превосходитъ утонченность нашего ума и прибавляетъ къ этому, что «аксіомы выведенныя тщательно и правильно изъ частныхъ фактовъ легко наводятъ на новыя особенности и указываютъ ихъ».

Тѣмъ не менѣе методъ Бекона, насколько мы могли понять смыслъ существенныхъ частей его сочиненій, соотвѣтствуетъ процессу эмпирическаго собиранія фактовъ и классификаціи ихъ, о которомъ я уже упомянулъ. Достоинство этого метода можно опредѣлить исторически тѣмъ фактомъ, что ему не слѣдовалъ ни одинъ изъ великихъ людей науки. Какъ Галилей, предшественникъ Бекона, такъ Джильбертъ, его современникъ, такъ наконецъ Ньютонъ и Декартъ, Лейбницъ и Гюйгенсъ, жившіе послѣ него, сдѣлали свои открытія при помощи метода противоположнаго тому, который рекомендовалъ Беконъ. Вездѣ въ сочиненіяхъ Ньютона, какъ я покажу, вполнѣ преобладаетъ дедуктивное умозаключеніе и эксперименты употребляются, какъ это и слѣдуетъ быть, только для того, чтобы подтверждать или опровергать напередъ составленные взгляды на природу. Въ моемъ *Учебникѣ Логики* я высказалъ положеніе, что въ сочиненіяхъ Ньютона нѣтъ никакихъ ссылокъ на Бекона. Затѣмъ я нашелъ, что Ньютонъ одинъ или два раза употребляетъ въ своей *Оптикѣ* выраженіе experimentum crucis; но это только одно выраженіе, которое указываетъ на прямое или непрямое знакомство Ньютона съ сочиненіями Бекона [1]).

---

[1]) Тиндаль, On Cometary Theory, Phil. Mag., April 1869. 4 ser. v. XXXVII. p. 243.

Другіе великіе физики того же времени также расположены были скорѣе употреблять гипотезы, чѣмъ неосмысленное накопленіе фактовъ въ Беконовскомъ смыслѣ. Гукъ въ своемъ посмертномъ сочиненіи о философскомъ методѣ съ горячностью утверждаетъ, что первое качество нужное въ естествоиспытателѣ есть умѣніе отгадывать рѣшеніе явленія и ставить вопросы. «Онъ долженъ быть очень искусенъ во всѣхъ уже существующихъ родахъ естествознанія, чтобы понимать ихъ различныя гипотезы, предположенія, собранія, наблюденія и проч., ихъ различные способы умозаключенія и пріемы, ихъ неудачи и недостатки какъ при составленіи, такъ и при разработкѣ ихъ многихъ теорій; потому что только при этихъ средствахъ умъ будетъ въ состояніи угадывать рѣшеніе многихъ явленій почти съ перваго взгляда, ставить вопросы, слѣдить за ухищреніями природы, искать и открывать истинныя основанія вещей».

Горроксъ, который болѣе чѣмъ кто нибудь былъ проникнутъ научнымъ духомъ, разсказываетъ намъ, какъ онъ пробовалъ теорію за теоріей, чтобы найти такую, которая была бы согласна съ движеніями Марса [2]). Гюйгенсъ, обладавшій однимъ изъ совершенныхъ философскихъ умовъ, слѣдовалъ дедуктивному методу въ связи съ постояннымъ обращеніемъ къ опыту и при этомъ обнаруживалъ искуство почти равнявшееся искуству Ньютона. Что касается до Декарта и Лейбница, то они доводили до крайности употребленіе гипотезъ, такъ какъ иногда принимали гипотетическія умозаключенія, не прибѣгая къ экспериментальной повѣркѣ. Въ теченіи всего XVIII вѣка держалось предположеніе, будто бы наука шла впередъ благодаря тому что она приняла методъ Бекона, но на дѣлѣ главнымъ орудіемъ прогресса было гипотетическое изслѣдованіе. Только въ нынѣшнемъ вѣкѣ физики начали признавать эту истину. Беконъ такъ сильно порицалъ употребленіе гипотезъ, что Юнгъ счелъ нужнымъ защищать ихъ. «Методъ установленія общихъ принциповъ и примѣненія ихъ къ частнымъ примѣрамъ вовсе не гибеленъ для истины во всѣхъ наукахъ, а напротивъ когда эти принципы устанавливаются на достаточныхъ основаніяхъ, то онъ составляетъ сущность истинной философіи» [1]); и онъ приводитъ нѣсколько случаевъ, когда Деви болѣе полагался на свои теоріи, чѣмъ на свои эксперименты.

---

[1]) См. Phil. Trans. въ сокращеніи Лоуторна, 4 ed. v. I. p. 130. Мнѣнія сходныя съ помѣщеннымъ въ текстѣ были также выражены кратко Де Морганомъ въ его замѣчательномъ предисловіи къ From Matter to Spirit, by C. D. p. XXI—XXII.

[2]) Горроксъ, Opera Posthuma, 1673, p. 276.

Гершель, который былъ практическимъ естествоиспытателемъ и абстрактнымъ логикомъ, питалъ глубочайшее уваженіе къ Бекону и его Novum Organum положилъ, насколько это было возможно, въ основаніе своего удивительнаго Discourse on the Study of Natural Philosophy. Однако мы находимъ, что въ VII главѣ онъ признаетъ то участіе, какое принимали составленіе и повѣрка теорій въ самыхъ высшихъ и общихъ изслѣдованіяхъ физической науки. Д. С. Милль продолжалъ эту реакцію, разъясняя дедуктивный методъ, въ которомъ силлогизмъ, т. е. дедуктивный методъ употребляется для открытія новыхъ благопріятныхъ случаевъ для испытанія и повѣрки гипотезы. Тѣмъ не менѣе въ другихъ частяхъ своей системы онъ отрицалъ значеніе дедуктивнаго процесса и даже утверждалъ, что эмпирическое умозаключеніе отъ частностей къ частностямъ составляетъ настоящій типъ умозаключенія. Вѣроятно иронія судьбы рѣшила, чтобы самая оригинальная и цѣнная часть *Системы Логики* Милля находилась въ противорѣчіи съ тѣми взглядами на силлогизмъ и на природу умозаключенія, которые составляютъ главную часть его трактата и о которыхъ говорится, будто они произвели революцію въ логикѣ. Милль избавился бы отъ большой путаницы въ мысляхъ, еслибы ему удалось замѣтить, что обратное употребленіе дедукціи составляетъ индукцію. Въ послѣднее время Гексли сильно настаивалъ на употребленіи гипотезъ. Защищая дѣло составленія гипотезъ, онъ безъ сомнѣнія былъ увѣренъ, что какая нибудь гипотеза лучше чѣмъ никакой и что намъ при нашихъ наблюденіяхъ нельзя не руководствоваться тою или другою гипотезой. Во взглядахъ Тиндаля на употребленіе воображенія въ научныхъ изслѣдованіяхъ выражается таже истина только въ другомъ свѣтѣ.

Нужно также указать на то, что Нейль въ своемъ Art of Reasoning, популярномъ, но дѣльномъ изложеніи принциповъ логики, изданномъ въ 1853, вполнѣ признаетъ (гл. XI) значеніе и цѣну гипотезъ въ дѣлѣ открытія истины. Кромѣ того онъ старается доказать, что Беконъ вовсе не былъ противъ употребленія гипотезъ.

Вѣрный пріемъ индуктивнаго метода далъ всѣ самые высокіе результаты науки. Онъ состоитъ въ предугадываніи природы, въ умѣньи составлять гипотезы относительно законовъ, дѣйствіе которыхъ вѣроятно и затѣмъ въ наблюденіи того, дѣйствительно ли комбинаціи явленій таковы, какъ это слѣдовало ожидать на основаніи предполагаемыхъ законовъ. Изслѣдователь начинаетъ фактами и оканчиваетъ ими же. Онъ употребляетъ факты для того, чтобы составить вѣроятную гипотезу; а выводя другіе факты, которые должны случаться, если данная гипотеза вѣрна, онъ производитъ повѣрку вѣрности своихъ взглядовъ посредствомъ новыхъ наблюденій. Если какой нибудь результатъ оказывается отличнымъ отъ того, чего онъ ожидалъ, то это заставляетъ его видоизмѣнить или совсѣмъ оставить свою гипотезу; но каждый новый фактъ можетъ вызвать какую-нибудь новую догадку относительно дѣйствующихъ законовъ. Даже если результатъ во всѣхъ случаяхъ согласуется съ его предуказаніями, то онъ и этого не считаетъ окончательнымъ подтвержденіемъ его теоріи, но продолжаетъ повѣрять истину теоріи новыми выводами и новыми пробами.

---

[1]) Юнгъ, Works, v. I. 593.

Въ этомъ процессѣ изслѣдователю оказываетъ пособіе вся масса прежде накопленнаго научнаго знанія. Онъ можетъ, какъ я покажу дальше, пользоваться аналогіей какъ руководствомъ при выборѣ гипотезъ. Разнообразныя связи между одною и другою наукою даютъ ему указанія на счетъ возможныхъ въ данномъ случаѣ законовъ, и изъ безконечнаго числа возможныхъ гипотезъ онъ выбираетъ тѣ, которыя кажутся ему, насколько онъ можетъ судить, наиболѣе вѣроятными. Такимъ образомъ каждый производимый имъ опытъ особенно приспособленъ къ тому, чтобы пролить свѣтъ на предметъ и даже если онъ разрушаетъ его первые взгляды, то можетъ при этомъ дать ему нѣкоторыя руководящія указанія.

Качества удовлетворительной гипотезы.

Не трудно указать, какому условію должна удовлетворять гипотеза, для того, чтобы можно было принять ее какъ вѣроятную и прочную. Такое условіе, по моему мнѣнію, одно, состоящее въ томъ, чтобы мы могли вывести по умозаключенію существованіе явленій, которыя совершаются въ нашемъ опытѣ. Согласіе съ фактами есть единственный и достаточный критерій вѣрной гипотезы.

Гоббесъ поставилъ два условія, которымъ по его мнѣнію должна удовлетворять гипотеза, именно: 1) чтобы она была мыслима и не нелѣпа; 2) чтобы явленія необходимо вытекали изъ нея. Бойль, приведши взгляды Гоббеса, предложилъ прибавить третье условіе, состоящее въ томъ, чтобы гипотеза не противорѣчила всѣмъ другимъ истинамъ относительно явленій природы [1]). По моему мнѣнію первое изъ этихъ условій не можетъ быть принято, если не разумѣть подъ словами *немыслимое* и *нелѣпое* чего-нибудь заключающаго въ себѣ противорѣчіе или несообразнаго съ законами мышленія и природы. Я могъ бы указать нѣсколько удовлетворительныхъ теорій содержащихъ въ себѣ предположенія, которыя вполнѣ *немыслимы* въ извѣстномъ смыслѣ слова, потому что умъ не можетъ достаточно расширить своихъ идей для того, чтобы составить себѣ понятіе о возможныхъ предполагаемыхъ дѣйствіяхъ. Что сила тяжести дѣйствуетъ мгновенно между самыми отдаленными частями планетной системы, или что лучь фіолетоваго свѣта состоитъ изъ почти 700 милліоновъ колебаній въ секунду,—это положенія немыслимыя и нелѣпыя въ извѣстномъ смыслѣ; но они такъ далеки отъ противорѣчія фактамъ, что мы никакими другими предположеніями не можемъ объяснить наблюдаемыхъ явленій. Но если гипотеза содержитъ въ себѣ противорѣчіе или несогласна съ извѣстными законами природы, то она сама себя осуждаетъ. Мы не можемъ даже примѣнить дедуктивнаго умозаключенія къ самопротиворѣчащему понятію; и такъ какъ оно противорѣчитъ самымъ общимъ и достовѣрнымъ законамъ, какіе только извѣстны намъ, именно первичнымъ законамъ мышленія, то оно непремѣнно будетъ противорѣчить и фактамъ. Кромѣ того, такъ какъ природа никогда не противорѣчитъ сама себѣ, то мы не можемъ въ одно и то же время принимать двухъ теорій, которыя приводятъ къ противорѣчащимъ результатамъ. Если одна согласуется съ природою, то другая уже не можетъ согласоваться. Поэтому если есть законъ, который мы считаемъ въ высшей степени вѣроятнымъ и подтвержденнымъ наблюденіями, то мы не должны составлять гипотезы, противорѣчащей ему, потому что такая гипотеза необходимо противорѣчила бы наблюденіямъ. Такъ какъ нѣтъ закона или гипотезы, которые были бы доказаны съ абсолютной достовѣрностью, то всегда есть шансъ, хотя и очень слабый, что старая гипотеза можетъ быть замѣнена новою; но чѣмъ больше та вѣроятность, которую мы придаемъ старой гипотезѣ, тѣмъ сильнѣе должны быть доказательства въ пользу новой и враждебной теоріи.

Поэтому я утверждаю, что есть только одинъ критерій удовлетворительной гипотезы, именно ея согласіе съ наблюденными фактами; но можно сказать, что это условіе заключаетъ въ себѣ три составныя условія, почти одинаковыя съ условіями Гоббеса и Бойля, а именно:

1) Чтобы она давала возможность примѣненія дедуктивнаго умозаключенія и вывода слѣдствій допускающихъ сравненіе съ результатами наблюденія.

---

[1]) Бойль, Physical Examen, p. 84.

2) Чтобы она не противорѣчила никакимъ законамъ природы или ума, которые мы считаемъ вѣрными.

3) Чтобы выведенныя изъ нея слѣдствія согласовались съ фактами наблюденія.

Возможность дедуктивнаго умозаключенія

Такъ какъ вѣрность гипотезы должна доказываться ея согласіемъ съ фактами, то первое условіе состоитъ въ томъ, чтобы мы имѣли возможность примѣнять методы дедуктивнаго умозаключенія и узнавать, что должно происходить согласно съ такой гипотезой. Если бы мы даже могли представить себѣ предметъ дѣйствующій по законамъ до сихъ поръ совершенно неизвѣстнымъ, то это было бы безполезно, потому что мы никакъ не могли бы рѣшить, существуетъ ли онъ или нѣтъ. Мы можемъ умозаключать о томъ, что можетъ произойти при предполагаемыхъ условіяхъ, только примѣняя къ этимъ условіямъ то знаніе о природѣ, какимъ мы уже обладаемъ. Поэтому, какъ справедливо замѣтилъ Босковичъ, подъ гипотезами нужно разумѣть «не фикціи совершенно произвольныя, но предположенія согласныя съ опытомъ или аналогіей». Изъ этого слѣдуетъ, что каждая гипотеза, заслуживающая вниманія, должна указывать какое-нибудь сходство, аналогію или общій законъ дѣйствующій въ двухъ или нѣсколькихъ вещахъ. Если для объясненія извѣстныхъ фактовъ, a, a', a'' и проч. мы придумали причину A, тогда мы должны какъ-нибудь обратиться къ опыту, чтобы узнать, какъ будетъ дѣйствовать A. Такъ какъ законы природы извѣстны уму не по непосредственному воспріятію, то мы должны взять какую-нибудь другую причину B, которая даетъ намъ требуемыя понятія, и все, что мы дѣлаемъ, это придумываемъ четвертый членъ аналогіи. Какъ B относится къ своимъ дѣйствіямъ b, b', b'' и проч., такъ и A относится къ своимъ дѣйствіямъ a, a', a'' и проч. Когда мы пытаемся объяснить прохожденіе свѣта и лучистой теплоты по пространству не занятому матеріей, то воображаемъ себѣ существованіе *эѳира*. Но если бы этотъ эѳиръ былъ совершенно отличенъ отъ всего остальнаго извѣстнаго намъ, то мы напрасно старались бы умозаключать объ немъ. Мы должны примѣнить къ нему по крайней мѣрѣ законы движенія, т. е. хоть въ этомъ отношеніи уподобить его матеріи. И какъ посредствомъ примѣненія этихъ законовъ къ упругой средѣ воздуха мы получаемъ возможность умозаключать о явленіяхъ звука, такъ подобное же примѣненіе ихъ къ эѳиру даетъ намъ возможность умозаключать о существованіи явленій свѣта, соотвѣтствующихъ тому, что и должно быть по нашимъ понятіямъ. Все, что мы дѣлаемъ, это беремъ упругое вещество, чрезвычайно усиливаемъ его упругость, отнимаемъ отъ него тяжесть и другія свойства матеріи, но всетаки мы должны оставить за нимъ достаточно сходства съ матеріей, чтобы возможны были дедуктивные разсчеты.

Сила тяжести въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ есть непонятное существованіе, но въ другихъ отношеніяхъ она вполнѣ согласна съ опытомъ. Мы наблюдаемъ, что сила пропорціональна массѣ и что она дѣйствуетъ вполнѣ независимо отъ другой матеріи, которая можетъ тутъ же находиться или дѣйствовать. Законъ ослабленія ея пропорціонально квадрату разстоянія оказывается вѣрнымъ также относительно свѣта, звука и другихъ вліяній исходящихъ изъ одного пункта и равномѣрно распространяющихся по пространству. Законъ очевидно связанъ съ свойствами пространства и въ этомъ отношеніи согласенъ съ нашими необходимыми идеями.

Можно даже сказать, что мы не могли бы и придумать какой нибудь гипотезы, которая бы болѣе или менѣе не согласовалась съ опытомъ. Такъ какъ матеріалъ нашихъ идей берется изъ чувствъ, то мы не можемъ вообразить себѣ ничего такого, что не обладало бы какими нибудь свойствами матеріи. Придумывая новыя существованія, умъ просто только измѣняетъ комбинаціи или размѣры чувственныхъ свойствъ. Явленіе движенія хорошо извѣстно зрѣнію и осязанію и также извѣстны различныя степени быстроты; мы можемъ пойти дальше границъ чувства и вообразить существованіе такого быстраго движенія, какого не могли бы наблюдать наши чувства. Мы знаемъ, что такое упругость и поэтому можемъ вообразить себѣ упругость въ тысячу или въ милліонъ разъ большую, чѣмъ та, которая извѣстна намъ по чувственнымъ впечатлѣніямъ. Волны океана въ нѣсколько разъ выше нашего роста, а другія во много разъ меньше; если мы будемъ продолжать эту пропорцію, то дойдемъ наконецъ до волнъ столь малыхъ какъ волны свѣта. Такимъ то образомъ способности ума даютъ намъ возможность, опираясь на чувственное основаніе, дѣлать умозаключенія относительно дѣятелей и явленій различныхъ въ безграничной степени. Поэтому если съ одной стороны невозможна никакая гипотеза абсолютно противорѣчащая чувствамъ, то съ другой стороны согласіе съ опытомъ всегда должно быть вопросомъ степени.

Для того, чтобы гипотеза допускала удовлетворительное сравненіе съ опытомъ, она должна имѣть опредѣленность и во многихъ случаяхъ математическую точность дозволяющую точное вычисленіе результатовъ. Мы должны имѣть возможность удостовѣриться, согласуется ли она или не согласуется съ фактами. Теорія вихрей представляетъ примѣръ противнаго, потому что она не давала никакой возможности вычислить точныя отношенія между разстояніями и періодами планетъ и ихъ спутниковъ; такимъ образомъ ее нельзя было подвергнуть тому строгому испытанію, которому подвергъ Ньютонъ свою теорію тяготѣнія прежде ея опубликованія. Неопредѣленность и неспособность къ точной повѣркѣ часто поддерживаютъ существованіе ложной теоріи, но въ тѣхъ, которые любятъ истину, неопредѣленность должна возбуждать подозрѣніе. Послѣдователи стараго ученія о томъ, что природа боится пустоты, не въ состояніи были предуказать того важнаго факта, что вода не поднимется болѣе чѣмъ на 33 фута въ обыкновенномъ всасывающемъ насосѣ. Даже когда этотъ фактъ былъ указанъ, они не могли объяснить его иначе, какъ видоизмѣнивши свою теорію въ томъ смыслѣ, что природа боится пустоты только въ предѣлахъ до 33 футовъ.

Согласіе съ законами природы.

Второе условіе состоитъ въ томъ, чтобы гипотеза не противорѣчила тому, что мы считаемъ истиннымъ относительно природы. Она не должна заключать въ себѣ самопротиворѣчія, которое противоположно самымъ высшимъ и простымъ законамъ, именно законамъ логики. Не должна она также разногласить съ простыми законами движенія, тяжести, сохраненія живой силы, ни вообще съ какою нибудь частью естествознанія, которую мы считаемъ установившеюся выше всякаго резоннаго сомнѣнія. Это не значитъ однако, что мы ни въ какомъ случаѣ не можемъ составить подобной гипотезы, но составляя ее, мы должны быть готовы опровергнуть нѣкоторыя изъ неопровержимо доказанныхъ истинъ составляющихъ достояніе человѣческаго рода. Фактъ существованія разногласія означаетъ, что слѣдствія теоріи не вѣрны, если вѣрны прежнія открытія, и потому прежде чѣмъ доказывать вѣрность своей теоріи, мы должны доказать, что прежнія открытія были не вѣрны.

Гипотеза будетъ крайне невѣроятна, чтобы не сказать нелѣпа, если она предполагаетъ, что какое нибудь вещество дѣйствуетъ какимъ нибудь образомъ неизвѣстнымъ намъ въ другихъ случаяхъ, потому что въ такомъ случаѣ ее нельзя провѣрить нашимъ знаніемъ объ этомъ веществѣ. Нѣкоторые физики, особенно Эйлеръ и Грове, предполагали, что мы могли бы обойтись безъ эѳира какъ основанія свѣта и изъ прохожденія свѣтовыхъ лучей между звѣздами умозаключить, что существуетъ родъ разрѣжоннаго газа наполняющаго міровое пространство. Но если это такъ, то этотъ газъ долженъ быть чрезвычайно разрѣжонъ, какъ мы это можемъ заключить по видимому отсутствію атмосферы вокругъ луны и по другимъ фактамъ извѣстнымъ намъ относительно газовъ и атмосферы; и однако же онъ долженъ обладать упругостью по крайней мѣрѣ въ билліонъ разъ большею, чѣмъ какую имѣетъ атмосферный воздухъ близъ земной поверхности, для того чтобы объяснить крайнюю быстроту свѣтовыхъ лучей. Слѣдовательно эта гипотеза несовмѣстна съ нашимъ знаніемъ о газахъ.

За исключеніемъ гипотезъ, находящихся въ явномъ и полномъ противорѣчіи съ извѣстными законами природы, не можетъ быть ни одной гипотезы столь невѣроятной и видимо немыслимой, чтобы ее нельзя было сдѣлать вѣроятною и даже приблизительно достовѣрною посредствомъ достаточнаго числа ея согласованій съ фактами. Дѣйствительно двѣ самыя основательныя и самыя успѣшныя теоріи въ естествознаніи заключаютъ въ себѣ самыя нелѣпыя предположенія. Тяжесть есть сила, которая повидимому дѣйствуетъ между двумя тѣлами черезъ пустое пространство, что прямо противорѣчитъ старой аксіомѣ, что ничто не дѣйствуетъ иначе какъ только при посредствѣ какой нибудь среды. Еще болѣе странно то, что эта сила дѣйствуетъ совершенно независимо отъ встрѣчающихся препятствій. Свѣтъ, несмотря на свою чрезвычайную скорость, во многомъ повинуется матеріи, потому что непрозрачныя вещества почти мгновенно останавливаютъ его, а прозрачныя поглощаютъ и уклоняютъ его до значительной степени. Но для тяжести всякія среды, такъ сказать, абсолютно прозрачны и какъ будто не существуютъ; и двѣ частички на противоположныхъ точкахъ земли дѣйствуютъ другъ на друга такъ, какъ будто бы между ними не было всей массы земнаго шара. Дѣйствіе ея, насколько мы можемъ наблюдать, мгновенно, такъ что каждая частичка вселенной въ каждый моментъ, такъ сказать, отдѣльно сознаетъ относительное положеніе каждой другой частички во всей вселенной въ одинъ и тотъ же моментъ времени. Сравнительно съ такими непонятными условіями, теорія вихрей имѣетъ дѣло съ самыми банальными реальностями. Знаменитое выраженіе Ньютона hypotheses non fingo (я не выдумываю гипотезъ) имѣетъ видъ ироніи; и не безъ нѣкоторой кажущейся основательности Лейбницъ и континентальные естествоиспытатели обвиняли Ньютона въ томъ, что онъ снова вводитъ таинственныя силы и качества.

Волнообразная теорія свѣта представляетъ почти такія же трудности для представленія. Естествоиспытатели требуютъ, чтобы мы отказались отъ нашихъ прежнихъ представленій и стали вѣрить, что междузвѣздное міровое пространство, которое кажется намъ пустымъ, не пусто, но наполнено *чѣмъ то* несравненно болѣе упругимъ и твердымъ, чѣмъ сталь. Какъ замѣтилъ самъ Юнгъ: «свѣтовой эѳиръ наполняющій все пространство и проникающій почти всѣ вещества не только въ высшей степени упругъ, но и абсолютно твердъ!» ¹).

---

¹) Юнгъ, Works, v. I. p. 415.

Гершель вычислилъ силу, которая согласно волнообразной теоріи свѣта должна дѣйствовать въ каждой точкѣ пространства, и нашелъ, что она въ 1,148,000,000,000 разъ больше упругой силы обыкновеннаго воздуха близъ земной поверхности, такъ что давленіе эѳира на каждый квадратный дюймъ должно быть около 17 билліоновъ фунтовъ [1]). Однако же мы живемъ и движемся безъ замѣтнаго препятствія въ этой средѣ, которая гораздо тверже и имѣетъ большую упругость, чѣмъ алмазъ. Всѣ наши обыкновенныя понятія должны быть отложены въ сторону при представленіи такой гипотезы; и однако же насъ заставляютъ принять ее наблюдаемыя нами явленія свѣта и теплоты. Мы даже не можемъ отрицать странной догадки Юнга, что есть можетъ быть независимые міры, существующіе въ разныхъ частяхъ пространства, а можетъ быть еще другіе міры, проникающіе другъ друга въ одномъ и томъ же пространствѣ, но невидимые и неизвѣстные [2]). Потому что если мы принуждены принимать существованіе одной такой алмазной небесной тверди, то намъ также легко представить и множество ихъ. Такимъ образомъ мы видимъ, что одни только трудности представленія еще ничего не говорятъ противъ теоріи, которая въ другихъ отношеніяхъ согласна съ фактами, и мы должны отвергать только такія гипотезы, которыя немыслимы въ смыслѣ прямаго нарушенія первоначальныхъ законовъ мышленія и природы.

Согласіе съ фактами.

Прежде чѣмъ мы примемъ новую гипотезу, намъ должно быть доказано, что она согласуется не только съ извѣстными уже законами природы, но и съ тѣми частными фактами, для объясненія которыхъ она придумана. Если эти факты установлены надлежащимъ образомъ, то она должна согласоваться со всѣми ими. Единственное непримиримое разногласіе между фактомъ и гипотезой уже фатально для гипотезы; falsa in uno, falsa in omnibus (ложная въ въ одномъ, ложна во всемъ).

Рѣдко однако же бываютъ теоріи, которыя были бы совершенно свободны отъ всякихъ трудностей и видимыхъ разногласій съ фактами. Хотя одно дѣйствительное разногласіе въ состояніи ниспровергнуть самую вѣроятную теорію, однако же обыкновенно существуетъ нѣкоторая вѣроятность того, что разногласящій фактъ какъ нибудь невѣрно истолкованъ или что какой нибудь предполагаемый законъ природы, на который мы полагаемся, можетъ быть невѣренъ. Кромѣ того, можно ожидать, что удовлетворительная гипотеза, кромѣ согласія съ фактами уже извѣстными, представитъ намъ еще особенныя рекомендаціи тѣмъ, что дастъ намъ возможность предуказать дедуктивно рядъ фактовъ, которые еще не связаны и не объяснены никакою столь же вѣроятною гипотезой. Мы не можемъ дать точнаго правила относительно числа согласій, которое нужно для доказательства истины гипотезы, потому что согласія могутъ быть весьма различны по значенію. Хотя никакое конечное число согласій не дастъ полной достовѣрности, однако вѣроятность гипотезы быстро увеличивается съ числомъ согласій. Почти каждая проблема въ наукѣ принимаетъ форму балансированія вѣроятностей. И только послѣ того, какъ устранены и объяснены постепенно всѣ трудности и производившіеся время отъ времени рѣшающіе опыты (experimenta crucis) давали результаты въ пользу теоріи, мы можемъ осмѣлиться утверждать ложность всѣхъ возраженій.

---

[1]) Familiar Lectures on Scientific subjects, p. 282.

[2]) Юнгъ, Works. v. I. p. 417.

Единственный дѣйствительный критерій гипотезы есть согласіе съ фактами. Знаменитая система вихрей Декарта рушилась не потому, что она сама въ себѣ нелѣпа и немыслима, но потому, что она не могла дать результатовъ согласныхъ съ дѣйствительными движеніями небесныхъ тѣлъ. Трудность представленія механизма вихрей просто дѣтская игрушка въ сравненіи съ уже указанными трудностями тяготѣнія и волнообразной теоріи свѣта. Вихри вообще самыя вѣроятныя предположенія; потому что планеты и спутники при первомъ взглядѣ имѣютъ много сходства съ предметами носящимися въ вихрѣ и вѣроятно эта аналогія повела къ составленію теоріи. Теорія не удовлетворяла первому и третьему условіямъ; потому что, какъ уже было сказано, она не давала возможности точно вычислить планетныя движенія и потому не допускала строгой повѣрки ея. Но насколько возможно было сравненіе съ фактами, они оказались рѣшительно противъ теоріи. Ньютонъ не издѣвался надъ теоріей, какъ надъ нелѣпостью, но показалъ [1]), что «она представляетъ множество трудностей". Онъ подробно доказалъ, что теорія Декарта несогласна съ законами Кеплера и представляла, что планеты двигались гораздо быстрѣе въ ихъ афеліи, чѣмъ въ перигеліи [2]). Вращательное движеніе солнца и планетъ на ихъ осяхъ было бы совершенно несовмѣстно съ обращеніемъ спутниковъ вокругъ нихъ; а кометы, самыя легкія тѣла, мирно слѣдовали своими эллиптическими путями, не смотря на вихри, черезъ которыя они должны были проходить. Теперь мы можемъ указать еще на промежуточныя орбиты меньшихъ планетъ, какъ на новую и неустранимую трудность при картезіанскихъ идеяхъ.

---

[1]) Principia, кн. III. Полож. 43, общее примѣчаніе.

[2]) Ibid. кн. II, отд. IX, пол. 53.

Ньютонъ, установившій самую лучшую изъ теорій, способенъ былъ также предложить одну изъ самыхъ худшихъ; и если бы намъ нуженъ былъ примѣръ теоріи рѣшительно противорѣчащей фактамъ, то намъ стоило только указать на его взгляды относительно происхожденія естественныхъ цвѣтовъ. Показавши съ необыкновеннымъ искуствомъ происхожденіе цвѣтовъ тонкихъ пластинокъ, онъ высказалъ предположеніе, что и цвѣта всѣхъ тѣлъ подобнымъ же образомъ опредѣляются величиною ихъ недѣлимыхъ частичекъ. Тонкая пластинка опредѣленной тонины отражаетъ опредѣленный цвѣтъ; поэтому, если ее разбить на кусочки, то она образуетъ порошокъ того же цвѣта. Но если бы это было вѣрное объясненіе цвѣтныхъ веществъ, тогда каждая цвѣтная жидкость должна была бы отражать дополнительный цвѣтъ къ тому цвѣту, который она пропускаетъ. Безцвѣтная прозрачность, по мнѣнію Ньютона, происходитъ отъ того, что частички бываютъ слишкомъ малы, чтобы отражать свѣтъ; но если такъ, то каждое черное вещество должно быть прозрачнымъ. Самъ Ньютонъ такъ сильно чувствовалъ эту трудность, что долженъ былъ предположить, что настоящая чернота происходитъ отъ какого-от внутренняго преломленія лучей туда и сюда и отъ окончательнаго уничтоженія ихъ, котораго однако онъ не пытался объяснить. Если только не вмѣшивается въ дѣло какой нибудь другой процессъ, то ни преломленіе ни отраженіе, сколько бы они ни повторялись, не могутъ уничтожить энергіи свѣта. Такимъ образомъ, какъ показалъ Брьюстеръ, теорія не даетъ отчета въ 24 частяхъ свѣта изъ 25, которыя падаютъ на черный уголь и остальная часть, которая отражается отъ блестящей поверхности, также несогласима съ теоріей, потому что мелкій угольный порошокъ почти вовсе не имѣетъ отражательной способности ¹). Въ настоящее время признано, что цвѣта естественныхъ предметовъ происходятъ отъ неодинаковаго поглощенія лучей свѣта различной преломляемости.

Рѣшающій опытъ (experimentum crucis).

По мѣрѣ того, какъ мы выводимъ болѣе и болѣе заключеній изъ теоріи и находимъ, что они подтверждаются опытомъ, вѣроятность теоріи быстро увеличивается; но мы никогда не можемъ избѣжать риска ошибки. Абсолютная достовѣрность лежитъ внѣ предѣловъ индуктивнаго изслѣдованія; и самое

---

¹) Брьюстеръ, Life of Newton, 1 ed. ch. VII.

вѣроятное предположеніе можетъ наконецъ оказаться ложнымъ. Поэтому иногда случается, что бываютъ двѣ или нѣсколько гипотезъ, изъ которыхъ каждая согласуется со многими экспериментальными фактами, что придаетъ имъ видъ достовѣрности. При такихъ обстоятельствахъ намъ нуженъ какой нибудь опытъ, который далъ бы результаты согласные съ одной гипотезой и несогласные съ другой.

Всякій такой опытъ, рѣшающій дѣло между двумя враждебными теоріями, можетъ быть названъ experimentum crucis, опытомъ дорожнаго столба указывающаго дороги на перекресткѣ. Представляется, какъ будто умъ стоитъ на перекресткѣ дорогъ и не знаетъ, по какой дорогѣ ему идти, и потому для него нужно какое нибудь рѣшающее указаніе, и Беконъ поэтому придавалъ большую важность и авторитетъ такимъ рѣшающимъ обстоятельствамъ. Названіе данное имъ Бекономъ стало общеупотребительнымъ; оно едва ли не единственное изъ всѣхъ фигуральныхъ выраженій, вошедшее во всеобщее употребленіе. Даже Ньютонъ, какъ я уже сказалъ, употреблялъ это слово.

Однако мнѣ кажется, что это слово обыкновенно употребляется въ другомъ смыслѣ, чѣмъ какой придавалъ ему Беконъ. Гершель говоритъ, что «мы дѣлаемъ рѣшающій (круціальный) опытъ тогда, когда составляемъ комбинаціи и приводимъ въ дѣйствіе причины, изъ которыхъ одна по произволу можетъ быть исключена, а другая нарочно оставлена» ¹). Но это просто характеристика всякаго спеціальнаго эксперимента, который дѣлается не наудачу. Опытъ Паскаля, придумавшаго снести на вершину Пюй-де-Дома барометръ, часто приводился какъ образцовый experimentum crucis, если даже не первый извѣстный примѣръ этого рода ²); но если такъ, тогда мы должны удостоить доктрину о боязни природы къ пустотѣ названія враждебной теоріи. Круціальный экспериментъ долженъ не только подтверждать теорію, но и опровергать другую; онъ долженъ привести къ рѣшенію умъ, который по выраженію Бекона находится въ равновѣсіи или колебаніи между двумя равно вѣроятными взглядами. «Когда при изслѣдованіи какого нибудь явленія природы разсудокъ приходитъ такъ сказать въ равновѣсіе, или стоитъ въ нерѣшительности, какимъ двумъ или нѣсколькимъ явленіямъ нужно приписать причину изслѣдуемаго явленія, вслѣдствіе частаго и обыкновеннаго совпаденія многихъ явленій, тогда эти рѣшающія (круціальныя) обстоятельства показываютъ истинную и неразрывную связь одного изъ явленій природы съ искомымъ явленіемъ и его недостовѣрную и расторжимую связь съ другимъ, вслѣдствіе чего

---

¹) Discourse on the Study of Natural Philosophy, p. 151.

²) Ibid. p. 229.

вопросъ рѣшается, первое явленіе признается причиной, а другое отвергается. Такимъ образомъ эти обстоятельства проливаютъ на дѣло большой свѣтъ и имѣютъ повелительный авторитетъ, такъ что ходъ изслѣдованія иногда прямо приводитъ къ нимъ или оканчивается ими».

Долго продолжавшійся споръ между матеріальной (теорія истеченія) и волнообразной теоріями свѣта представляетъ самый лучшій объяснительный примѣръ experimentum crucis. Замѣчательно, что обѣ эти теоріи одинаково удовлетворительно согласовались съ обыкновенными законами геометрической оптики относительно отраженія и преломленія. По первому закону движенія движущаяся частичка движется по совершенно прямой линіи, если на нее не дѣйствуютъ постороннія силы. Если совершенно упругая частичка ударяется о совершенно упругую плоскость, то она отскакиваетъ отъ нея въ такомъ направленіи, что уголъ паденія бываетъ равенъ углу отраженія. Лучь свѣта тоже движется по прямой линіи или представляется движущимся, пока не встрѣтитъ отражающаго тѣла, послѣ чего его направленіе измѣняется такимъ же точно образомъ, какъ и направленіе упругой частички. Здѣсь мы имѣемъ замѣчательное соотвѣтствіе, которое вѣроятно и вызвало въ умѣ Ньютона гипотезу, что свѣтъ состоитъ изъ маленькихъ упругихъ частичекъ движущихся по прямымъ линіямъ съ чрезвычайною быстротою. Оказалось потомъ, что такое соотвѣтствіе распространяется и на законы простаго преломленія; потому что если предположить, что частички свѣта способны притягивать матерію и быть притягиваемыми ею на безконечно малыхъ разстояніяхъ, то лучь свѣта, падая на поверхность прозрачной среды, получитъ приращеніе скорости въ направленіи перпендикулярномъ къ поверхности и слѣдствіемъ этого будетъ законъ синусовъ. Это замѣчательное объясненіе закона преломленія навѣрное тоже сильно располагало Ньютона въ пользу матеріальной теоріи и кажется онъ думалъ, что аналогія между распространеніемъ лучей свѣта и движеніемъ тѣлъ была совершенно точна, какова бы ни была дѣйствительная природа свѣта [1]. Въ высшей степени замѣчательно, что Ньютонъ могъ на основаніи своей матеріальной теоріи дать вѣроятное объясненіе диффракціи свѣта, открытой Гримальди. Теорія была бы весьма вѣроятна, еслибы къ ней могъ быть примѣненъ законъ тяготѣнія самого же Ньютона; но объ этомъ не могло быть и рѣчи, потому что частички свѣта для того чтобы двигаться по прямымъ линіямъ не должны были оказывать никакого вліянія другъ на друга.

Гюйгенсова или волнообразная теорія также могла объяснить указаныя явленія, но съ одною замѣчательною разницею. Если волнообразная теорія вѣрна, то свѣтъ долженъ двигаться въ болѣе плотной преломляющей средѣ медленнѣе, чѣмъ въ менѣе плотной; но по Ньютоновской теоріи предполагавшей, что среда оказываетъ притяженіе на частички свѣта, свѣтъ въ плотной средѣ долженъ быть быстрѣе чѣмъ въ рѣдкой. Въ этомъ пунктѣ было полное разногласіе между теоріями, и нужны были наблюденія для того чтобы показать, какая же теорія заслуживаетъ предпочтеніе. Экспериментаторы показали, разрѣзавши однородную стеклянную пластинку на двѣ части и слегка наклоняя одну часть, чтобы увеличить длину пути луча проходящаго черезъ нее, что свѣтъ движется въ стеклѣ медленнѣе чѣмъ въ воздухѣ ¹). Впослѣдствіи Физо и Фуко независимо другъ отъ друга измѣрили скорость свѣта въ воздухѣ и водѣ и нашли, что эта скорость больше въ воздухѣ ²).

---

[1] Principia, кн. I, отд. XIV. пол. 96. Примѣч. Optiks. пол. VI. 3 изд. стр. 70.

Есть нѣсколько другихъ пунктовъ, въ которыхъ опытъ рѣшаетъ противъ Ньютона и въ пользу Гюйгенса и Юнга. Лапласъ указалъ, что вслѣдствіе предполагаемаго притяженія между матеріей и матеріальными частичками свѣта скорость свѣта измѣнялась бы, смотря по величинѣ испускающаго свѣтъ тѣла, такъ что еслибы какая нибудь звѣзда была въ 250 разъ больше въ діаметрѣ чѣмъ наше солнце, то ея притяженіе совершенно остановило бы истеченіе свѣта ³). Но опытъ показываетъ, что скорость свѣта равномѣрна и независима отъ величины испускающаго свѣтъ тѣла, какъ это и должно быть по волнообразной теоріи. Наконецъ Ньютоновское объясненіе цвѣтныхъ каймъ диффракціи было только вѣроятно, но не вѣрно; такъ какъ Френель доказалъ, что размѣры каймъ не таковы, какими имъ слѣдовало бы быть по теоріи Ньютона.

Хотя наука о свѣтѣ представляетъ намъ самые лучшіе примѣры круціальныхъ опытовъ и наблюденій, однако такіе примѣры есть и въ другихъ отрасляхъ науки. Коперникъ утверждалъ въ противоположность древней Птолемеевой теоріи, что земля движется вокругъ солнца, и онъ предсказывалъ, что еслибы наше зрѣніе сдѣлать болѣе сильнымъ и острымъ, тогда мы могли бы видѣть фазы у Меркурія и Венеры. Галилей при помощи своего телескопа въ 1610 повѣрилъ предсказаніе относительно Венеры и оно оказалось вѣрнымъ, и послѣдующія наблюденія Меркурія привели къ тому же заключенію. Открытіе аберраціи свѣта прибавило новое доказательство, еще подкрѣпленное болѣе новыми опредѣленіями параллакса неподвижныхъ звѣздъ.

---

¹) Эйри, Mathematical Tracts, 3 ed. p. 286—288.

²) Жаменъ, Cours de Physique, v. III. p. 372.

³) Юнгъ, Lectures on Natural Philosophy 1845, v. I. p. 361.

Гукъ предлагалъ доказать существованіе суточнаго движенія земли наблюденіями надъ уклоненіемъ падающаго тѣла,—опытъ удачно произведенный Бенценбергеромъ; а маятникъ Фуко представилъ еще новое доказательство того же движенія, которое кромѣ того обнаруживается въ пассатныхъ вѣтрахъ. Всѣ эти круціальные факты рѣшили въ пользу Коперниковой системы.

Описательныя гипотезы.

Есть гипотезы, которыя можно назвать *описательными* и которыя служатъ не больше какъ только для того, чтобы дать подходящія названія. Когда представляется какое нибудь необыкновенное явленіе, то мы даже не можемъ говорить объ немъ, не употребляя какой нибудь аналогіи. Каждое слово указываетъ на какое нибудь сходство между вещью, къ которой оно прилагается, и какою нибудь другою вещью, которая опредѣляетъ положительно смыслъ слова. Когда намъ нужно говорить о томъ, что такое электричество, то мы должны обратиться къ какой нибудь ближайшей аналогіи, и такъ какъ электричество характеризуется быстротою и легкостью своихъ движеній, то самымъ подходящимъ представляется понятіе о весьма тонкой жидкости. Это и есть теорія одной и двухъ жидкостей электричества, на которую потрачено было такъ много безполезныхъ разсужденій. Если считать эти теоріи чѣмъ нибудь болѣе удобныхъ способовъ описанія явленій, то они вполнѣ несостоятельны. Аналогія распространяется только на быстроту движенія или лучше на тотъ фактъ, что явленіе возникаетъ послѣдовательно на различныхъ пунктахъ тѣла. Такъ называемая электрическая жидкость нисколько не увеличиваетъ вѣса кондуктора и предполагать, что она дѣйствительно состоитъ изъ частичекъ матеріи, даже болѣе нелѣпо, чѣмъ принимать матеріальную теорію истеченія свѣта. Болѣе близкая аналогія существуетъ между электричествомъ и свѣтовыми волнами, которыя распространяются почти съ такой же быстротой. Мы вѣроятно будемъ еще долго употреблять выраженіе *электрическая жидкость*, хотя несомнѣнно, что это выраженіе обозначаетъ просто фазу молекулярнаго движенія, волну возмущенія. Несостоятельность этой теоріи жидкостей обнаружилась кромѣ того въ томъ, что она не навела никого ни на одинъ новый опытъ.

Къ числу чисто описательныхъ гипотезъ я долженъ отнести Ньютоновскую теорію припадковъ легкаго отраженія и преломленія. Эта теорія только описывала то, что происходитъ. Она не имѣла аналогіи съ другими явленіями природы, потому что Ньютонъ не могъ указать никакого другаго вещества, которое бы подвергалось такимъ необыкновеннымъ припадкамъ. Мы теперь знаемъ, что настоящей аналогіей были бы волны звука, о которыхъ Ньютонъ въ другихъ отношеніяхъ имѣлъ такое полное понятіе. Но хотя мысль объ интерфференціи волнъ уже ясно представлялась Гуку, однако Ньютонъ не могъ дойти до пониманія того, какимъ образомъ періодическія явленія свѣта могутъ быть связаны съ періодическимъ характеромъ волнъ. Его гипотеза рушилась потому, что не имѣла аналогіи ни съ чѣмъ другимъ въ природѣ и такимъ образомъ не давала ему возможности, какъ это онъ дѣлалъ въ другихъ случаяхъ, дойти путемъ математической дедукціи до слѣдствій, которыя потомъ можно было повѣрить и подтвердить ихъ или отвергнуть.

Мы можемъ вообразить себѣ существованіе новаго агента и дать ему подходящее названіе, если только намъ представляются явленія необъяснимыя извѣстными причинами. Мы можемъ говорить о *жизненной силѣ* управляющей жизнью, если только будемъ разумѣть при этомъ, что это выраженіе не больше какъ названіе для чего то неопредѣленнаго дающаго происхожденіе необъяснимымъ фактамъ, подобно тому какъ французскіе химики назвали іодомъ вещество X, не зная еще его дѣйствительнаго характера и мѣста въ химіи [1]. Энке былъ правъ, говоря о *сопротивляющейся средѣ* въ пространствѣ до тѣхъ поръ, пока замедленіе его кометы не могло быть объяснено какимъ нибудь другимъ образомъ. Но такія гипотезы могутъ надѣлать и много зла, когда они отвлекаютъ насъ отъ попытокъ примирять новые факты съ извѣстными уже законами или когда они даютъ поводъ смѣшивать различныя вещи. Говоря о жизненной силѣ, мы не должны предполагать, что она есть дѣйствительно существующая физическая сила подобно электричеству; мы не знаемъ, что она такое. Мы не имѣемъ права смѣшиватъ предполагаемую Энке сопротивляющуюся среду съ основаніемъ свѣта, не имѣя ясныхъ доказательствъ ихъ тожества. Слово протоплазма, такъ часто употребляемое теперь физіологами, имѣетъ законное право на существованіе, пока мы не примѣняемъ его безразлично къ различнымъ веществамъ, или не воображаемъ, что это слово даетъ намъ какое нибудь понятіе о неизвѣстномъ началѣ жизни. Названіе извѣстнаго вещества протоплазмой также мало объясняетъ безконечное разнообразіе формъ жизни вытекающее изъ этого вещества, какъ и *жизненная сила*, которую можно предполагать заключающеюся въ протоплазмѣ. Оба слова суть названія для необъяснимаго ряда причинъ, которыя изъ видимо подобныхъ условій производятъ самые различные результаты.

Едвали чѣмъ нибудь отличаются отъ описательныхъ гипотезъ извѣстные воображаемые предметы, которые мы придумываемъ для облегченія пониманія какихъ нибудь вопросовъ. Математики, разрабатывая отвлеченные вопросы вѣроятности, находятъ удобнымъ представлять условія посредствомъ конкретнаго предположенія въ видѣ балотировальнаго ящика. Пуассонъ доказывалъ принципъ обратнаго метода вѣроятностей, взявши для примѣра нѣсколько балотировальныхъ ящиковъ, шары которыхъ смѣшаны и всыпаны въ одинъ большой ящикъ. Математики употребляютъ много подобныхъ пріемовъ. Птолемеева теорія *цикловъ* и *эпицикловъ* вовсе не была вычурнымъ и безполезнымъ дѣломъ воображенія, но дѣйствительнымъ способомъ анализа движеній небесныхъ тѣлъ; она употребляется математиками и въ настоящее время. Ньютонъ употреблялъ маятникъ какъ средство яснѣе представить природу волны. Центръ тяжести, качанія и проч., полюсы магнита, линіи силы тоже все воображаемыя существованія употребляемыя какъ пособія для мышленія (стр. 343). Такіе пріемы могутъ быть названы *представительными* гипотезами, и они дозволительны только постольку, поскольку они выражаютъ собою аналогіи. Подробное разсмотрѣніе ихъ есть дѣло ученія объ аналогіи или о языкѣ и образномъ представленіи основанномъ на аналогіи.

---

[1] Парисъ, Life of Davy, p. 274.

ГЛАВА XXIV.

ЭМПИРИЧЕСКОЕ ЗНАНІЕ, ОБЪЯСНЕНІЕ И ПРЕДСКАЗАНІЕ.

Индуктивное изслѣдованіе, какъ мы видѣли, состоитъ въ соединеніи гипотезы съ опытомъ, причемъ дедуктивное умозаключеніе бываетъ связью, при помощи которой становится возможнымъ подтверждать или опровергать гипотезу экспериментальными результатами. Разсматривая это отношеніе между гипотезой и опытомъ, мы видимъ, что все наше знаніе можно раздѣлить на слѣдующіе четыре отдѣла.

1) Мы можемъ знать факты, которые еще не поставлены въ связь ни съ какою гипотезой. Такіе факты составляютъ то, что называется *эмпирическимъ знаніемъ*.

2) Другая обширная часть нашего знанія состоитъ изъ фактовъ, которые сначала были наблюдены эмпирически, но впослѣдствіи были приведены въ связь съ другими фактами посредствомъ гипотезы объ общихъ законахъ примѣнимыхъ къ нимъ. Эта часть нашего знанія можетъ быть названа *объясненною*, *умозаключенною* или *обобщенною*.

3) Затѣмъ слѣдуетъ собраніе фактовъ, немногихъ числомъ, но важныхъ по своему научному интересу, которые были предуказаны теоріей и впослѣдствіи подтверждены опытомъ.

4) Наконецъ существуетъ знаніе, которое принято только на основаніи теоріи и не поддается опытному подтвержденію по крайней мѣрѣ при существующихъ экспериментальныхъ средствахъ.

Очень интересно сравнить и разъяснить относительный объемъ и достоинство этихъ четырехъ группъ знанія. Мы увидимъ, что въ большинствѣ случаевъ большія отрасли науки возникаютъ изъ фактовъ наблюденныхъ случайно или безъ отчетливаго представленія о томъ, чего нужно ожидать при наблюденіи.

Но по мѣрѣ того какъ наука прогрессируетъ, ея способности предвѣдѣнія быстро увеличиваются и наконецъ дѣло доходитъ до того, что математикъ, сидя въ своемъ кабинетѣ, имѣетъ возможность опережать природу и предсказывать что должно случиться при обстоятельствахъ, которыхъ никогда не видѣлъ человѣческій глазъ.

Эмпирическое знаніе.

Подъ эмпирическимъ знаніемъ мы разумѣемъ такое знаніе, которое получается прямо изъ изслѣдованія отдѣльныхъ фактовъ и всецѣло основывается на этихъ фактахъ, не подкрѣпляясь другими отраслями знанія. Оно составляетъ контрастъ съ обобщеннымъ и теоретическимъ знаніемъ, которое обнимаетъ многіе ряды фактовъ нѣсколькими обширными принципами, такъ что каждый рядъ проливаетъ свѣтъ на каждый другой рядъ фактовъ. Какъ на картѣ наполовину изслѣдованной страны мы видимъ отдѣльные клочки рѣкъ, уединенно стоящія горы и равнины съ непоказанными границами и не соединенными въ цѣлый планъ, такъ и въ новой отрасли знанія мы имѣемъ группы фактовъ, изъ которыхъ каждая стоитъ отдѣльно, такъ что нѣтъ возможности умозаключать отъ одной изъ нихъ къ другой.

До Декарта, Ньютона и Гюйгенса было много эмпирическаго знанія относительно явленій свѣта. Радуга всегда поражала вниманіе самыхъ беззаботныхъ наблюдателей и не было никакой трудности замѣтить, что условіями ея появленія бываютъ лучи солнца освѣщающіе падающія капли дождя. Нельзя было не замѣтить сходства между обыкновенною радугою и сравнительно рѣдкою лунною радугой и между тою цвѣтною дугою, которая является на водяной пыли водопадовъ и даже на капляхъ росы висящихъ на травѣ или на паутинной сѣти. Во всѣхъ этихъ случаяхъ были одинаковыя условія, лучи свѣта и круглыя капли воды. Рожеръ Беконъ замѣтилъ эти условія, также какъ и аналогію цвѣтовъ радуги съ цвѣтами являющимися въ кристаллахъ [1]). Но знаніе оставалось эмпирическимъ, пока Декартъ и Ньютонъ не показали, какимъ образомъ всѣ эти явленія связаны съ фактами относительно преломленія свѣта.

Едвали можно найти лучшій примѣръ эмпирической истины, чѣмъ открытіе Ньютона относительно сильной преломляющей способности горючихъ веществъ. Химическія свѣдѣнія Ньютона были почти столь же смутны, какъ тѣ свѣдѣнія, которыя господствовали въ его время; но онъ замѣтилъ, что нѣкоторые «жиры, сѣрныя и маслянистыя тѣла», какъ онъ называлъ ихъ, каковы камфора, летучее терпентинное масло, янтарь и проч. имѣютъ преломляющую способность вдвое или втрое большую чѣмъ можно было бы ожидать по ихъ плотностямъ [1]. Огромный показатель преломленія алмаза привелъ его къ остроумной догадкѣ, что и это вещество имѣетъ такую же маслянистую или горючую природу, такъ что нужно считать, что онъ предсказывалъ горючесть алмаза, впослѣдствіи доказанную флорентинскими академиками въ 1694. Брьюстеръ, занимавшійся продолжительными изслѣдованіями надъ преломляющей способностью различныхъ веществъ, подтвердилъ положенія Ньютона и нашолъ, что три горючія простыя тѣла, алмазъ, фосфоръ и сѣра, имѣютъ сравнительно съ своею плотностью самые большіе извѣстные намъ показатели преломленія [2] и есть только немного веществъ, какъ наприм. хромокислый свинецъ и сюрмянное стекло, которыя превосходятъ ихъ абсолютною способностью преломленія. Масла и углеводороды вообще обладаютъ чрезвычайной способностью преломленія. Но все это знаніе остается до настоящаго времени чисто эмпирическимъ и не показано никакой связи между этимъ совпаденіемъ горючести съ высокою преломляющею способностью и другими законами химіи или оптики. Достойно замѣчанія, какъ показалъ Брьюстеръ, что еслибы Ньютонъ примѣнилъ свое положеніе къ двумъ минераламъ, гринокиту и анатазу, какъ это онъ сдѣлалъ относительно алмаза, то его предсказанія оказались бы ложными, что достаточно показало бы, что сдѣланная имъ индукція не надежна. Въ настоящее время отношеніе показателя преломленія къ плотности и атомному вѣсу стало предметомъ теоріи; однако остаются еще специфическія различія въ преломляющей способности, извѣстныя только на эмпирическихъ основаніяхъ, и любопытно, что въ водородѣ, какъ оказалось, тоже ненормально высокая преломляющая способность соединена съ горючестью.

---

[1]) Opus Majus. ed. 1733. cap. X. p. 460.

Химія, какъ ни великъ былъ прогрессъ въ ея теоріяхъ, все еще представлаетъ намъ массу эмпирическаго знанія. Не только оказываются безнадежными попытки объяснить частную группу качествъ принадлежащихъ каждому элементу, но есть еще множество частныхъ фактовъ, которые никакъ пе могутъ быть объяснены. Почему сѣрнистыя соединенія многихъ металловъ очень черны? Почему небольшое количество фосфорной кислоты способно помѣшать кристаллизаціи ванадіевой кислоты [3]? Почему сложные силикаты щелочей и щелочныхъ металловъ прозрачны? Почему золото такъ тягуче, а золото и серебро только два замѣтно просвѣчивающихъ металла? Почему сѣра является въ нѣсколькихъ особенныхъ аллотропическихъ измѣненіяхъ?

---

[1] Ньютонъ, Opticks. 3 ed. p. 249.

[2] Брьюстеръ, Treatise on New Philosophical Instruments, p. 266 etc.

[3] Роско, Bakerian Lecture, Phil. Trans., 1868, v. CLVIII. p. 6.

Есть цѣлые отдѣлы химическихъ знаній, представляющіе просто собранія безсвязныхъ фактовъ. Свойства сплавовъ часто очень замѣчательны; но законы ихъ еще не открыты и къ нимъ повидимому не примѣняются законы соединеній въ опредѣленныхъ пропорціяхъ [1]). Не представлено никакого объясненія тѣмъ удивительнымъ измѣненіямъ въ качествахъ желѣза, зависящихъ отъ большаго или меньшаго содержанія въ немъ углерода и кремнія, даже факты этого рода иногда не имѣютъ достаточной опредѣленности. Отчего такъ странно измѣняются свойства стали отъ присутствія небольшаго количества вольфрама или марганца? Все, что было опредѣлено Матиссеномъ относительно проводимости мѣди, имѣло чисто эмпирическій характеръ [2]). Относительно многихъ животныхъ веществъ нельзя доказать, что они повинуются законамъ соединенія въ опредѣленныхъ пропорціяхъ. Поэтому химія есть большею частью эмпирическая наука, занимающаяся собраніемъ громаднаго количества безсвязныхъ фактовъ, которые когда-нибудь послужатъ основаніемъ для обширной теоріи.

Однако мы не должны думать, что какая-нибудь наука перестанетъ когда нибудь быть эмпирическою. Множество явленій было объяснено волнообразной теоріей свѣта; однако все еще остаются необъяснимые факты. Естественные цвѣта тѣлъ и лучииспускаемые ими, когда они раскалены, еще не объяснены и даютъ мало эмпирическихъ совпаденій. Теорія электричества отчасти понята, но условія образованія электричества отъ тренія не поддаются объясненію, хотя они изучаются уже въ теченіи двухъ столѣтій. Я покажу впослѣдствіи, что даже установленіе обширнаго и вѣрнаго закона природы есть только исходная точка для открытія исключеній и уклоненій представляющихъ новое поле для эмпирическихъ открытій.

Какъ я уже сказалъ, нѣтъ вѣроятно ни одной науки, которая была бы совершенно свободна отъ эмпирическихъ и необъясненныхъ фактовъ. Логика наиболѣе приближается къ этому положенію, такъ какъ она есть просто дедуктивное развитіе законовъ мысли и принципа замѣщенія. Однако нѣкоторые факты установленные въ дѣлѣ изслѣдованія обратной логической проблемы могутъ считаться эмпирическими. Таковъ напр. тотъ пунктъ, что предложеніе формы A=BC ·|· bc обладаетъ наименьшимъ числомъ отдѣльныхъ логическихъ варіацій и наибольшимъ числомъ логическихъ равнозначныхъ такой же точно формы между предложеніями заключающими три класса (стр. 138—139). Таковъ же и тотъ фактъ, открытый Клиффордомъ, что относительно положеній содержащихъ четыре класса есть только одинъ примѣръ двухъ несходныхъ положеній имѣющихъ одинаковыя разстоянія (стр. 142). Математика часто даетъ эмпирическія истины. Почему напр. величина π, если она выражается большимъ числомъ цифръ, содержитъ цифру 7 гораздо чаще чѣмъ всякую другую цифру ¹)? Даже геометрія принимаетъ эмпирическія истины, если дѣло не касается количествъ пространства, но числовыхъ результатовъ и положительнаго или отрицательнаго характера количествъ, какъ въ теоремѣ Де Моргана относительно отрицательныхъ площадей.

---

[1]) Life Faraday, v. II. p. 104.

[2]) Уаттсъ, Dictionary of Chemistry, v. II, p. 39 etc.

Случайное открытіе.

Есть не мало случаевъ, когда почти чистый случай опредѣлялъ моментъ возникновенія новой отрасли знанія. Законы строенія кристалловъ не были открыты до тѣхъ поръ, пока Гайю не случилось уронить на каменный полъ прекрасный кристаллъ известковаго шпата. Его мгновенное сожалѣніе, что онъ испортилъ такой отличный экземпляръ, скоро прекратилось, когда онъ, пытаясь соединить вмѣстѣ два разбитые куска, замѣтилъ въ нихъ правильныя геометрическія грани, не соотвѣтствовавшія случайнымъ наружнымъ поверхностямъ кристалловъ. Затѣмъ онъ нарочно разбилъ множество кристалловъ, чтобы наблюдать плоскости спайности и результатомъ этого было открытіе внутренняго строенія кристаллическихъ веществъ. Здѣсь мы однако видимъ, что гораздо большая роль принадлежала умственнымъ силамъ естествоиспытателя, чѣмъ случаю, который вѣроятно и прежде бывалъ со многими.

Подобнымъ же образомъ случайное обстоятельство провело Малюса къ открытію поляризаціи свѣта черезъ отраженіе. Явленія двойнаго преломленія были уже давно извѣстны и, занимаясь въ Парижѣ въ 1808 г. изслѣдованіями надъ свѣтомъ, такимъ образомъ поляризованнымъ, Малюсъ однажды посмотрѣлъ черезъ двояко преломляющую призму на свѣтъ заходящаго солнца, отраженный отъ оконъ Люксанбургскаго дворца. Поворачивая призму кругомъ, онъ съ удивленіемъ замѣтилъ, что обыкновенное изображеніе исчезало въ двухъ противоположныхъ положеніяхъ призмы. Онъ замѣтилъ, что отраженный свѣтъ дѣйствуетъ также, какъ и свѣтъ поляризованный прохожденіемъ черезъ другую призму. Это навело его на мысль испробовать характеръ свѣта, отраженнаго при другихъ обстоятельствахъ, и такимъ образомъ было доказано, что поляри-

---

¹) Де Морганъ, Budget of Paradoxes, p. 291.

зація неизмѣнно связана съ отраженіемъ. Также чисто случайно были открыты и нѣкоторые другіе, прежде не подозрѣвавшіеся, общіе законы оптики. Въ исторіи электричества случай игралъ большую роль. Въ теченіи нѣсколькихъ столѣтій нѣкоторые изъ наиболѣе обыкновенныхъ дѣйствій магнетизма и электричества являлись какъ необъяснимыя уклоненія отъ обыкновеннаго теченія природы. Вѣроятно случай же привлекъ вниманіе людей на эти явленія, но весьма немногіе имѣли какое нибудь понятіе о всеобъемлющемъ характерѣ обнаруживавшейся силы. О существованіи гальванизма или электричества слабаго напряженія никто и не подозрѣвалъ, до тѣхъ поръ пока Гальвани случайно не коснулся лапки лягушки металлическими предметами. Разложеніе воды вольтовымъ электричествомъ также было открыто случайно Никольсономъ въ 1801 и Деви говоритъ объ этомъ открытіи, какъ объ основаніи всего, что съ тѣхъ поръ было сдѣлано въ электрохиміи.

Совершенно иначе сдѣлано было открытіе электро-магнетизма. Эрштедтъ вмѣстѣ со многими другими предполагалъ существованіе какого нибудь отношенія между магнитомъ и электричествомъ и пытался открыть его настоящую природу. Однажды, какъ разсказываетъ Ганстинъ, онъ употреблялъ на лекціи сильную гальваническую баттарею и къ концу ея ему вздумалось попробовать, что произойдетъ, если онъ помѣститъ проводящую проволоку параллельно съ магнитную стрѣлкою, а не перпендикулярно, какъ онъ дѣлалъ прежде. Стрѣлка тотчасъ же пришла въ движеніе и стала почти перпендикулярно къ проволокѣ; онъ измѣнилъ направленіе тока и стрѣлка отклонилась въ противоположную сторону. Великое открытіе было сдѣлано и если случайно, то это былъ такой случай, который представляется, какъ замѣтилъ Лагранжъ о Ньютонѣ, тѣмъ, которые заслуживаютъ того [1]). Собственно здѣсь не было ничего случайнаго, исключая того, что—какъ это бывало во всѣхъ новыхъ открытіяхъ— Эрштедтъ не зналъ, чего слѣдуетъ ожидать. Изъ имѣвшагося знанія онъ не могъ умозаключить о природѣ отношенія и только различнымъ образомъ повторялъ свои пробы, которыя бы могли повести его къ вѣрной комбинаціи. Высокія и счастливыя способности умозаключенія, а не случай, навели впослѣдствіи Фаредея на мысль дать обратное направленіе этому опыту и показать, что движеніе магнита возбуждаетъ электрическій токъ въ проволокѣ.

Достаточно подробныя изслѣдованія вѣроятно показали бы, что каждая отрасль искуства и науки имѣла случайное начало. Въ историческія времена почти каждый новый инструментъ, какъ напр. телескопъ, микроскопъ или компасъ, былъ придуманъ по указанію какой нибудь случайности. Въ доисторическія времена зародыши разныхъ техническихъ искуствъ должны были возникнуть почти исключительно такимъ же путемъ. Разведеніе растеній возникло по мнѣнію Дарвина изъ того, что когда нибудь сѣмена плодовъ случайно попали на кучу сора и дали необыкновенно хорошую разновидность. Даже употребленіе огня было открыто когда нибудь случайно.

---

[1]) Eife of Faraday, v. II. p. 396.

По мѣрѣ прогресса науки роль случайности все уменьшалась. Не только открытые законы давали возможность предсказывать результы, но еще систематическое изслѣдованіе явленій и веществъ часто приводили къ открытіямъ, которыя ни въ какомъ случаѣ не могутъ быть названы случайными. Утверждаютъ, будто анестезирующія свойства хлороформа были открыты маленькой собачкой, которая нюхала эту жидкость въ блюдечкѣ стоявшемъ въ лавкѣ дрогиста въ Линлитгоу; о странныхъ дѣйствіяхъ этого нюханія на собачку было доведено до свѣдѣнія Симпсона, который и воспользовался этимъ указаніемъ случая. Оказалось однако, что эта исторія выдумана, а дѣло было такъ, что Симпсонъ уже нѣсколько лѣтъ искалъ лучшаго анестезирующаго средства чѣмъ употреблявшіяся прежде и что онъ въ числѣ другихъ веществъ пробовалъ и свойства хлороформа по указанію Вальди, Ливерпульскаго химика. Затѣмъ подобнымъ же образомъ были открыты драгоцѣнныя свойства гидрата хлорала, и теперь постоянно производятся систематическія изслѣдованія терапевтическихъ или экономическихъ свойствъ новыхъ химическихъ соединеній.

Если бы мы захотѣли вывести заключеніе о той роли, какую играетъ въ научныхъ открытіяхъ случай, то нужно было бы сказать, что онъ имѣетъ большее, или меньшее вліяніе на успѣхъ всякаго индуктивнаго изслѣдованія, но съ прогресомъ науки теряетъ значеніе. Случай можетъ показать какую нибудь новую и важную комбинацію тѣмъ, которые никогда не искали открытія въ этомъ родѣ, и открытія сдѣланныя этимъ путемъ по всей вѣроятности бываютъ случайны. Но чѣмъ больше тактъ и искуство, съ которыми естествоиспытатель изучаетъ природу, тѣмъ больше невѣроятность, что онъ встрѣтитъ счастливыя случайности и хорошо воспользуется ими. Вслѣдствіе этого въ утонченныхъ изслѣдованіяхъ настоящаго времени залогами успѣха въ открытіяхъ служатъ геній изслѣдователя въ связи съ обширнымъ знаніемъ, развитыя способности и неутомимое трудолюбіе.

Эмпирическія наблюденія объясненныя впослѣдствіи.

Вторая большая часть научнаго знанія состоитъ изъ фактовъ, которые были первоначально узнаны чисто эмпирическимъ образомъ, но затѣмъ впослѣдствіи было показано, что они вытекаютъ изъ какого нибудь закона природы, т. е. изъ какой нибудь въ высшей степени вѣроятной гипотезы. О фактахъ говорится, что они объяснены, тогда, когда они такимъ образомъ приведены въ гармонію съ другими фактами, или съ массою общаго знанія. Немногія слова такъ часто употребляются въ научной фразеологіи какъ это слово *объясненіе* и необходимо точно опредѣлить, что мы разумѣемъ подъ нимъ, такъ какъ этотъ вопросъ затрогиваетъ самые глубокіе пункты относительно науки о природѣ. Подобно многимъ другимъ терминамъ относящимся къ умственнымъ дѣйствіямъ, глаголъ *объяснять* содержитъ въ себѣ матеріальное уподобленіе. Объясненіе дѣлаетъ вещь ясною, или ясно понятною во всѣхъ ея пунктахъ, такъ что ничего не остается темнымъ или смутнымъ.

Каждый актъ объясненія состоитъ въ указаніи сходства между фактами, того, что между явленіями повидимому различными существуетъ сходство. Это сходство можетъ имѣть различную обширность или глубину; оно можетъ быть общимъ закономъ природы, который приводитъ въ гармонію движенія всѣхъ небесныхъ тѣлъ, показывая, что существуетъ одна и таже сила, которая управляетъ всѣми этими движеніями, или же оно можетъ показывать не болѣе какъ только единичное тожество, какъ напр. когда мы объясняемъ падающія звѣзды тѣмъ, что признаемъ ихъ тожественными съ частями кометы. Вездѣ, гдѣ мы открываемъ сходство, мы имѣемъ уже объясненіе. Умъ чувствуетъ нѣкоторое безпокойство при встрѣчѣ съ новымъ явленіемъ единственнымъ въ своемъ родѣ; онъ сейчасъ же ищетъ параллелей, которыя могутъ находиться въ памяти сохраняющей прежнія ощущенія. Такъ называемый сѣрный запахъ сопровождающій ударъ молніи часто обращалъ на себя вниманіе, но онъ оставался не разъясненнымъ, пока не было показано точное сходство этого запаха съ запахомъ озона. Слѣды на песчаникѣ считаются объясненными тогда, когда показано, что они соотвѣтствуютъ ступнямъ погибшаго животнаго, кости котораго найдены гдѣ нибудь въ другомъ мѣстѣ. Объясненіе вообще начинается открытіемъ какого нибудь простого сходства; теорія радуги возникла тотчасъ же какъ только Антоніо де Доминисъ указалъ на сходство ея цвѣтовъ съ цвѣтами представляемыми лучомъ солнечнаго свѣта проходящимъ черезъ стеклянный шаръ наполненный водою.

Сущность и границы объясненія могутъ быть вполнѣ разъяснены только тогда, когда мы разсмотримъ обобщеніе и аналогію. Здѣсь же достаточно замѣтить, что самый важный актъ объясненія состоитъ въ томъ, чтобы показать, что наблюденный фактъ есть только случай общаго закона или тенденціи. Желѣзо оказывается соединеннымъ съ сѣрою, когда оно находится въ соприкосновеніи съ каменнымъ углемъ, между тѣмъ какъ въ другихъ частяхъ каменноугольныхъ пластовъ оно встрѣчается въ соединеніи съ углекислотою. Мы можемъ объяснить этотъ эмпирическій фактъ возстановляющимъ дѣйствіемъ углерода и водорода, которое препятствуетъ желѣзу оставаться въ соединеніи съ кислородомъ и оставляетъ его открытымъ для дѣйствія сродства сѣры. Равномѣрная сила и направленіе пассатныхъ вѣтровъ уже давно были извѣстны мореплавателямъ, прежде чѣмъ они были объяснены Галлеемъ на основаніи гидростатическихъ принциповъ. Было найдено, что вѣтры происходятъ отъ дѣйствія тяжести, заставляющей болѣе тяжелое тѣло вытѣснять собою болѣе легкое, между тѣмъ какъ направленіе съ востока къ западу было результатомъ вращенія земли. Всякое тѣло въ сѣверномъ полушаріи, будетъ ли то птица или желѣзнодорожный поѣздъ, или же масса воздуха, когда оно движется въ высшія широты, должно уклоняться вправо. Законъ вѣтровъ Дове состоитъ въ томъ, что вѣтры въ сѣверномъ полушаріи дуютъ въ направленіи N. E. S. W., а въ южномъ N. W. S. E. Онъ показалъ, что это есть необходимое дѣйстіе тѣхъ же условій, которыя примѣняются къ пассатнымъ вѣтрамъ. Вообщее всякій фактъ признается объясненнымъ тогда, когда онъ посредствомъ сходства, закона, теоріи или гипотезы связанъ съ другими фактами.

Хотя значительная масса знанія состоитъ изъ наблюденныхъ фактовъ эмпирическаго характера и еще ожидающихъ объясненія, однако такое знаніе имѣетъ небольшую цѣну, потому что оно не допускаетъ вѣрныхъ и обширныхъ умозаключеній. Каждый узнанный результатъ даетъ намъ точное знаніе о томъ, что должно снова случиться при подобныхъ же обстоятельствахъ но не даетъ никакихъ указаній на счетъ того, что случится при другихъ обстоятельствахъ.

Незамѣченные результаты теоріи.

Мы однако же никакъ не должны думать, что когда мы овладѣли научной истиной, то уже можемъ предвидѣть всѣ ея результаты. Дедукція вѣрна и безошибочна въ томъ смыслѣ, что каждый шагъ въ дедуктивномъ умозаключеніи приведетъ насъ къ какому нибудь результату столь же достовѣрному, какъ и самый законъ. Но изъ этого не слѣдуетъ, чтобы дедукція привела мыслителя ко всякому результату закона или комбинаціи законовъ. По какой бы дорогѣ ни пошолъ путешественникъ, онъ можетъ быть увѣренъ, что придетъ куда нибудь; но если онъ не дѣйствуетъ систематически, то невѣроятно, чтобы онъ могъ придти во всякое мѣсто, въ которое могла бы привести его сѣть дорогъ.

Подобно этому есть много явленій, до которыхъ естествоиспытатели могли бы достигнуть путемъ умозаключенія отъ существующаго уже знанія, но которыя однако не были открыты до тѣхъ поръ, пока случай или систематическое опытное наблюденіе не обнаружили ихъ существованія.

Что свѣтъ распространяется съ равномѣрною громадною скоростью—это было доказано наблюденіями Ремера надъ затмѣніями спутниковъ Юпитера. Послѣ того были сдѣланы поправки во всѣхъ астрономическихъ наблюденіяхъ на разницу между абсолютнымъ временемъ, въ которое совершилось явленіе, и тѣмъ временемъ, когда оно стало видимымъ на землѣ. Но никому не пришло въ голову, что движеніе свѣта въ связи съ движеніемъ земли по ея орбитѣ производитъ небольшое видимое перемѣщеніе большей части небесныхъ тѣлъ. Прошло 50 лѣтъ, прежде чѣмъ Брадлей эмпирически открылъ это дѣйствіе, названное имъ аберраціей, разрабатывая свои наблюденія надъ неподвижными звѣздами.

Когда было открыто Эрштедтомъ и Фаредеемъ отношеніе между электрическимъ токомъ и магнитомъ, то для нихъ возможно было предсказать различные результаты, которые должны произойти въ различныхъ обстоятельствахъ. Если напр. помѣстить мѣдную пластинку подъ качающеюся магнитной стрѣлкой, то можно было предвидѣть, что стрѣлка будетъ индуцировать токи въ мѣди; но такъ какъ это не могло произойти безъ нѣкоторой реакціи на стрѣлку, то можно было предугадать, что стрѣлка въ отсутствіи мѣди остановится скорѣе. Это особенное дѣйствіе было случайно открыто Гамбеемъ въ 1824. Араго остроумно умозаключилъ изъ опыта Гамбея, что если мѣдный кружокъ привести въ движеніе, въ то время какъ стрѣлка стоитъ спокойно, то движеніе постепенно сообщится и самой стрѣлкѣ. Тѣмъ не менѣе явленіе это поразило весь ученый міръ, и нуженъ былъ дедуктивный геній Фаредея, чтобы показать, что это былъ результатъ принциповъ электромагнетизма ¹).

Много можно было бы привести любопытныхъ фактовъ, которые когда были замѣчены эмпирически, то уже потомъ были объяснены какъ слѣдствія вполнѣ извѣстныхъ законовъ. Случайно было открыто, что плаваніе по каналамъ небольшой глубины облегчается при увеличеніи скорости хода судовъ, такъ какъ вслѣдствіе этого увеличенія уменьшалось сопротивленіе и судно какъ бы неслось на своей собственной волнѣ. Но математическая теорія могла бы предсказать этотъ результатъ, если бы кому нибудь пришло въ голову правильно примѣнить формулы къ этому случаю ²). Инжекторъ Жиффара для питанія паровыхъ котловъ водою былъ кажется открытъ случайно; но онъ основанъ

---

¹) Experimental Researches in Electricity, 1 ser., p. 24—44.

²) Эйри, *On Tides and Waves*, Encyclopaedia Metropolitana, p. 348.

не на какомъ нибудь новомъ принципѣ механики, такъ что его можно было изобрѣсти теоретически. Тоже самое можно сказать о любопытномъ опытѣ, въ которомъ струя воздуха или пара выходящая изъ трубки держитъ свободный кружокъ на концѣ трубки и такимъ образомъ заслоняетъ свой собственный выходъ. Такимъ образомъ вѣрная теорія, находящаяся въ нашемъ распоряженія, вовсе не даетъ намъ возможности предвидѣть всѣ ея результаты. Дѣйствія даже немногихъ простыхъ законовъ могутъ быть разнообразны и нѣкоторыя изъ наиболѣе любопытныхъ и полезныхъ дѣйствій могутъ оставаться неоткрытыми, пока на нихъ не наведутъ насъ случайныя наблюденія.

Предсказанныя открытія.

Самый интересный изъ четырехъ указанныхъ нами классовъ фактовъ третій, обнимающій собою тѣ факты, появленіе которыхъ было предсказано теоріей и затѣмъ подтверждено наблюденіемъ. Не можетъ быть другаго болѣе убѣдительнаго доказательства основательности знанія, чѣмъ то, когда оно даетъ намъ даръ предвѣдѣнія. О. Контъ говоритъ, что «предвѣдѣніе есть доказательство вѣрной теоріи»; я бы сказалъ, что оно есть *одно изъ доказательствъ* и что оно особенно способно поражать публику. Совпаденіе съ фактомъ есть тоже доказательство вѣрной теоріи; но когда результатъ теоріи предсказывается заранѣе, то не можетъ быть сомнѣнія въ томъ непредубѣжденномъ духѣ, въ которомъ теоретикъ истолковываетъ результаты своей собственной теоріи.

Самые древніе примѣры научныхъ пророчествъ представляетъ конечно астрономія, развившаяся раньше другихъ наукъ. Геродотъ [2]) разсказываетъ, что во время сраженія между мидянами и индійцами день внезапно обратился въ ночь и это явленіе было предсказано Ѳалесомъ, отцомъ философіи. Прекращеніе сраженія и миръ подтвержденный браками были результатомъ этого удачнаго научнаго предсказанія. Много было споровъ о времени этого событія; Байли относилъ его къ 610 до Р. Х., но Эйри точно вычислилъ, что это было 28 мая, 584 до Р. Х. Нѣтъ сомнѣнія, что эти и другія предсказанія затмѣній приписываемыя древнимъ философамъ основывались на знаніи ими метоническаго цикла, періода изъ 6585 дней или 223 лунныхъ мѣсяцевъ, по истеченіи котораго почти совершенно повторяются фазы и затмѣнія луны; но если такъ, то Ѳалесу значитъ были доступны длинные ряды астрономическихъ данныхъ собранныхъ египтянами или халдеями. Извѣстенъ разсказъ о томъ, какъ

---

[1]) Lib. I. c. 74.

удачно воспользовался Колумбъ предсказаніемъ затмѣній, чтобы подѣйствовать на островитянъ Ямайки, которые отказывались доставлять припасы для его флота. Онъ стращалъ ихъ тѣмъ, что онъ лишитъ ихъ луннаго свѣта. «Эта угроза сначала была принята равнодушно, но когда дѣйствительно началось затмѣніе, то варвары наперерывъ другъ передъ другомъ стали доставлять все необходимое для испанскаго флота».

И въ новыя времена возвращеніе кометъ возбуждало совершенно такой же суевѣрный страхъ, какой испытывали древніе при предсказаніи затмѣній. Сенека въ ясныхъ выраженіяхъ утверждалъ, что кометы движутся по періодическимъ орбитамъ и потому снова становятся видимыми. Говорятъ, что подобныхъ же мнѣній держались древніе халдеи и пиѳагорейцы. Но только въ вѣкъ Ньютона и Галлея явилась возможность вычислить путь кометы на будущее время. Явилась большая комета въ 1682, за нѣсколько лѣтъ передъ первымъ изданіемъ Principia, и Галлей показалъ, что ея орбита соотвѣтствуетъ орбитѣ замѣчательной кометы, которая являлась въ 1531 и 1607 годахъ. Промежутки времени были не совершенно равны, но Галлей высказалъ смѣлую мысль, что эта разность могла произойти отъ возмущающаго дѣйствія Юпитера, близъ котораго комета проходила въ промежуткѣ времени 1607—1682. Онъ предсказалъ, что комета должна снова явиться въ концѣ 1758 или въ началѣ 1759, и хотя Галлей не дожилъ до удовольствія увидѣть ее, однако она дѣйствительно была открыта ночью въ сочельникъ 1758. Второе возвращеніе кометы было засвидѣтельствовано въ 1835 почти въ предуказанное время.

Въ новѣйшее время открытіе Нептуна было самымъ замѣчательнымъ примѣромъ предвѣдѣнія въ астрономіи. Подробное описаніе этого открытія находится во многихъ сочиненіяхъ, напр. у Гершеля Outlines of Astronomy, и у Гранта History of Physical Astronomy, главы XII и XIII.

Предсказанія въ оптикѣ.

Послѣ астрономіи оптика представила самые лучшіе примѣры предсказаній даваемыхъ вѣрною теоріей. Эти случаи въ высшей степени поразительны, потому что они основываются на глубокомъ примѣненіи математическаго анализа и свидѣтельствуютъ о полномъ раскрытіи тайны природы, способномъ возбудить удивленіе во всѣхъ, а особенно въ тѣхъ, которые не въ состояніи понять употребленные методы изслѣдованія: Своею способностью предсказанія волнообразная теорія свѣта вполнѣ доказала себя и въ этомъ отношеніи представляетъ замѣчательный контрастъ съ матеріальной теоріей истеченія. Даже

Ньютонъ не могъ получить отъ своей теоріи истеченія никакихъ указаній относительно изобрѣтенія новыхъ опытовъ. и его послѣдователямъ, принимавшимъ его теорію, мы не многимъ или ничѣмъ не обязаны въ дѣлѣ развитія оптики. Лапласъ не вывелъ изъ теоріи ни одного открытія. Френель говоритъ: «Помощь оказываемая вѣрной теоріей не ограничивается только опредѣленіемъ по вычисленію силъ, когда извѣстны законы явленій. Есть законы столь сложные и столь своеобразные, что одно наблюденіе при пособіи аналогіи никогда не могло бы привести къ ихъ открытію. Чтобы разгадать эти загадки, мы должны руководиться теоретическими идеями основанными па вѣрной теоріи. Теорія свѣтовыхъ вибрацій обладаетъ этимъ характеромъ и этими драгоцѣнными преимуществами; потому что ей мы обязаны открытіемъ оптическихъ законовъ, которые очень сложны, и потому ихъ очень трудно было бы отгадать» [1]).

Физики, принимавшіе теорію истеченія, должны были полагаться только на свои наблюденія и на свою наблюдательность. Френель, усвоивши условія волнообразной теоріи, какъ она была прежде формулирована Юнгомъ, могъ только при помощи математическихъ выкладокъ предсказать многія сложныя явленія свѣта. Кто бы могъ предполагать, что задержавши часть лучей проходящихъ черезъ круглое отверстіе, мы увеличимъ въ нѣсколько разъ освѣщеніе извѣстнаго пункта на экранѣ сзади отверстія. Однако это парадоксальное явленіе было предсказано Френелемъ и было подтверждено какъ имъ самимъ, такъ и Билье, тщательно повторившимъ его опытъ. Немногіе знаютъ о томъ, что въ срединѣ тѣни отбрасываемой непрозрачнымъ кружкомъ есть пунктъ почти столь же свѣтлый, какъ если бы кружокъ вовсе не преграждалъ свѣта. Этотъ поразительный фактъ былъ выведенъ Пуассономъ изъ теоріи Френеля и затѣмъ былъ экспериментально подтвержденъ Араго. Далѣе, Эйри на основаніи чисто теоретическихъ соображеній предсказывалъ, что Ньютоновы кольца представятъ иной видъ, если они получатся между стекляной чечевицей и металлической пластинкой. Это явленіе удалось наблюдать Араго за 15 лѣтъ до этого, о чемъ однако Эйри не зналъ. Другое предсказаніе Эйри, что кольца также измѣнятся, если они будутъ получаться между двумя веществами съ весьма различными показателями преломленія, что и подтвердилось экспериментами надъ алмазомъ. Кольца выходятъ обратными, если пространство между пластинками наполнено веществомъ съ промежуточною способностью преломленія; и это явленіе было предсказано теоріей и подтверждено опытомъ. Едва ли есть конецъ числу другихъ сложныхъ дѣйствій интерференціи лучей свѣта при различныхъ обстоятельствахъ, которыя могли бы быть выведены изъ математическихъ выраженій, еслибы это было нужно, или которыя могли бы быть объяснены, если бы были гдѣ нибудь наблюдаемы. Напр. одинъ интересный случай былъ наблюдаемъ Гершелемъ и объясненъ Эйри [1]).

---

[1]) Тейлоръ, Scientific Memoirs, v. V. p. 241.

Путемъ нѣсколько инаго порыва научнаго предвѣдѣнія Френель открылъ, что всякую твердую прозрачную среду можно сдѣлать двояко преломляющею только посредствомъ сжиманія. Такъ какъ по его мнѣнію двоякопреломляющая способность кристалловъ зависѣла отъ неодинаковой упругости въ разныхъ направленіяхъ, то изъ этого онъ заключилъ, что неодинаковая упругость, если ее произвести искуственно, должна дать подобное же явленіе. При помощи сильнаго винта и куска стекла онъ произвелъ не только цвѣта происходящія отъ двойнаго преломленія, но и дѣйствительное удвоеніе изображеній. Такимъ образомъ великое научное обобщеніе показало, что замѣчательныя свойства исландскаго шпата могутъ принадлежать всѣмъ прозрачнымъ веществамъ при извѣстныхъ условіяхъ [2]).

Но всѣ другія предсказанія въ оптикѣ были отодвинуты на задній планъ теоретическимъ открытіемъ коническаго преломленія В. Р. Гамильтономъ въ Дублинѣ. Изслѣдуя прохожденіе луча черезъ извѣстные кристалы, Гамильтонъ нашолъ, что Френель нѣсколько перетолковалъ свои собственныя формулы и что если ихъ понять правильно, то онѣ указываютъ на явленіе еще никогда невиданное. Небольшой лучъ свѣта, пропущенный въ кристаллъ аррагонита въ извѣстномъ опредѣленномъ направленіи, распадается на безчисленное множество лучей, которые образуютъ полый конусъ внутри кристалла и полый цилиндръ, при выходѣ изъ него съ противоположной стороны. Въ другомъ случаѣ получилось иное, но столь же странное явленіе, именно лучъ свѣта распался на полый конусъ въ томъ пунктѣ, гдѣ онъ выходитъ изъ кристалла. Эти явленія представляютъ особенный интересъ, потому что конусы и цилиндры не получаются ни въ какихъ другихъ случаяхъ. Они противоположны всякой аналогіи и составляютъ странныя исключенія въ родѣ тѣхъ, которыя мы разсмотримъ впослѣдствіи подробнѣе. Ихъ странность дѣлаетъ ихъ особенно пригодными для провѣрки истины теоріи, по указаніямъ которой они были открыты, и когда Ллойду, произведшему опыты по просьбѣ Гамильтона, удалось наконецъ и послѣ многихъ трудностей воспроизвести и увидѣть эти новыя явленія, тогда не могло уже быть сомнѣнія въ прочности волнообразной теоріи, которою мы обязаны Гюйгенсу, Юнгу и Френелю.

---

[1]) Эйри, Mathematical Tracts, 3 ed. p. 312.

[2]) Юнгъ, Works, v. I. p. 412.

Предсказанія на основаніи теоріи волнообразныхъ движеній.

Любопытно, что волны свѣта, хотя невообразимо быстрыя и малыя, допускаютъ однако гораздо болѣе точное измѣреніе ихъ, чѣмъ волны всякаго другаго рода. Но на сколько точныя измѣренія примѣнимы къ другимъ родамъ волнообразныхъ движеній, оказывается, что и въ нихъ повторяются явленія интерференціи и аналогія даетъ значительную возможность предсказанія. Гершель вѣроятно первый высказалъ предположеніе, что два звука могутъ уничтожить другъ друга посредствомъ интерференціи [1]. Если полуволна идущая по трубкѣ можетъ быть раздѣлена и проведена болѣе длиннымъ путемъ, такъ чтобы она, соединяясь снова съ другой полуволной, отставала отъ нея на четверть полной волны, тогда двѣ части вполнѣ нейтрализуютъ одна другую. Эти опыты были произведены успѣшно. Интерференція между двумя волнами отъ двухъ ножекъ камертона также была предсказана теоріей и подтверждена опытно Веберомъ; она даже можетъ быть замѣчена, если звучащій камертонъ держать близко подлѣ уха и поворачивать его кругомъ [2].

Изъ теоріи звука слѣдуетъ, что если мы быстро движемся ко звучащему тѣлу, или оно быстро движется къ намъ, то высота звука нѣсколько повышается, и на оборотъ, когда относительное движеніе происходитъ въ противоположномъ направленіи, то высота звука нѣсколько понижается. Это происходитъ отъ большихъ или меньшихъ промежутковъ времени между послѣдовательными импульсами волнъ на слуховой нервъ, смотря по тому, движется ли ухо къ источнику звука или удаляется отъ него. Это дѣйствіе было предсказано теоріей и впослѣдствіи было подтверждено опытами Бюу Баллота на голландскихъ желѣзныхъ дорогахъ и Скоттомъ Росселемъ въ Англіи. Когда одинъ желѣзнодорожный поѣздъ встрѣчается съ другимъ, то измѣненіе высоты звука свистка локомотива можетъ быть замѣчено въ моментъ встрѣчи. Это измѣненіе сообщаетъ звуку особенный воющій характеръ, который вѣроятно замѣчается многими. Я вычислилъ, что при скорости встрѣчающихся поѣздовъ въ 30 англійскихъ миль въ часъ это измѣненіе составляетъ около полутона, а при нѣкоторыхъ экстренныхъ поѣздахъ оно доходитъ до цѣлаго тона. Соотвѣтственное измѣненіе происходитъ и при волнообразныхъ движеніяхъ свѣта, когда глазъ и свѣтящееся тѣло приближаются или удаляются другъ отъ друга. Оно обнаруживается легкимъ измѣненіемъ въ преломляемости свѣтовыхъ лучей и вытекающимъ изъ этого измѣненіемъ мѣста спектральныхъ линій,—что дало важныя и неожиданныя указанія относительно приближенія или удаленія звѣздъ.

---

[1] Encycl. Metrop. стат. Sound, p. 753.

[2] Тиндаль, Sound, p. 261, 273.

Приливо-отливы суть громадныя волны и если бы вся земная поверхность была покрыта океаномъ равномѣрной глубины, то они допускали бы точное теоретическое изслѣдованіе. Неправильная форма морей вводитъ въ вопросъ неизвѣстныя количества и осложненія, съ которыми теорія не можетъ справиться. Тѣмъ не менѣе Уэвелль замѣтивши, что приливо-отливы нѣмецкаго моря состоятъ изъ интерферирующихъ волнъ, которыя доходятъ сюда частью вокругъ сѣверной Шотландіи, а частью черезъ Британскій каналъ, предсказывалъ, что въ пунктѣ находящемся почти на половинѣ разстоянія между Бриллемъ на берегу Голландіи и Ловестофтомъ не должно быть приливо-отливовъ. Въ этомъ пунктѣ двѣ волны имѣютъ одинаковую величину, но находятся въ противоположныхъ фазахъ, такъ что нейтрализуютъ одна другую. Это предсказаніе было подтвержено однимъ производившимъ изслѣдованія судномъ британскаго флота.

Предсказанія въ другихъ наукахъ.

Пройдутъ поколѣнія и даже столѣтія прежде чѣмъ человѣческій родъ получитъ математическую теорію строенія матеріи столь же полную, какъ теорія тяготѣнія. Тѣмъ не менѣе физико-математики въ послѣднее время уловили нѣкоторыя отношенія между физическими силами и это выразилось предуказаніемъ любопытныхъ явленій, которыя неизвѣстны были изъ наблюденій. Джемсъ Томсонъ вывелъ изъ теоріи теплоты Карно, что присутствіе давленія понижаетъ точку таянія льда. Онъ даже отважился указать величину этого дѣйствія, и его соображенія были впослѣдствіи подтверждены В. Томсономъ [2]). Въ этихъ замѣчательныхъ теоретическихъ соображеніяхъ было предсказано совершенно новое физическое явленіе раньше какихъ бы то ни было опытовъ по этому предмету, такъ что дѣйствительное наблюденіе явленія становилось въ высшей степени интереснымъ предметомъ для экспериментальнаго изслѣдованія. Въ жидкостяхъ расширяющихся при отвердѣваніи давленіе понижаетъ температуру ихъ отвердѣванія, а въ жидкостяхъ сжимающихся при отвердѣваніи должно обнаруживаться обратное явленіе. Давленіе въ послѣднемъ случаѣ какъ будто помогаетъ отвердѣванію, такъ что они становятся твердыми при болѣе высокой температурѣ, по мѣрѣ того какъ давленіе становится больше. Этотъ послѣдній выводъ былъ подтвержденъ Бунзеномъ и Гопкинсомъ для параффина, спермацета, воска и стеарина. Относительно воды этотъ экспериментъ былъ доведенъ Муссономъ до такихъ размѣровъ, что при огромномъ давленіи 1300 атмосферъ вода замерзла только тогда, когда была охлаждена до—18° Ц. Другое замѣчательное предсказаніе Томсона состояло въ томъ, что если металлическую пружину ослабленную повышеніемъ температуры начать сгибать, то работа употребленная на это произведетъ охлаждающее дѣйствіе. Хотя ожидаемое дѣйствіе было только около четырехъ тысячныхъ градуса Ц., однако Джоулю [1]) удалось измѣрить его до трехъ тысячныхъ градуса,—такова тонкость новыхъ измѣреній температуры. Я не могу удержаться, чтобы не привести размышленій Джоуля по поводу этого факта. «Такимъ образомъ въ приведенномъ деликатномъ случаѣ формула Томсона вполнѣ подтвердилась. Математическое изслѣдованіе термо-упругихъ свойствъ металловъ дало моему знаменитому другу средство предсказать съ увѣренностью цѣлый классъ въ высшей степени интересныхъ явленій. Ему преимущественно мы обязаны сдѣланнымъ въ послѣднее время важнымъ шагомъ, приблизившимъ насъ къ новой эрѣ въ наукѣ, когда пресловутая философская система Бекона падетъ и когда вмѣсто того, чтобы приходить къ открытіямъ посредствомъ индукціи отъ экспериментовъ, мы получимъ самый свободный доступъ къ новымъ фактамъ посредствомъ дедуктивныхъ выводовъ изъ основныхъ принциповъ».

---

[2]) Максуэль, Theory of Heat, p. 174. Phil. Mag. 1850. 3 ser., XXXVII. p. 123.

Теорія электричества есть необходимая часть общей теоріи матеріи и она быстро пріобрѣтаетъ способность предсказанія. Какъ только Уитстонъ доказалъ опытно, что для проведенія электричества нужно время, Фаредей съ удивительною проницательностью замѣтилъ въ 1838, что если проводящія проволоки соединить съ обкладками большой лейденской банки, то быстрота проведенія электричества уменьшится. Это предсказаніе оставалось неподтвержденнымъ 16 лѣтъ до проложенія подводнаго кабеля черезъ Каналъ. Было открыто значительное замедленіе электрической искры и Фаредей сразу же показалъ, что проволока окружонная водою представляетъ лейденскую банку въ большихъ размѣрахъ, такъ что каждая телеграмма посылавшаяся по кабелю подтверждала его замѣчаніе 1838 [2]).

Соединенныя отношенія теплоты и электричества къ металламъ составляютъ новую науку о термо-электричествѣ, на основаніи которой Томсонъ предуказалъ слѣдующее любопытное явленіе, что электрическій токъ проходя по желѣзу отъ теплой къ холодной части производитъ охлаждающее дѣйствіе, тогда какъ въ мѣдномъ прутѣ замѣчается противоположное явленіе, т. е. онъ нагрѣвается [1]). Отношенія кристалловъ къ теплотѣ и электричеству были отчасти предсказаны на основаніи теоріи Пуассона.

---

[1]) Phil. Trans., 1858, v. CXLVIII. p. 127.

[2]) Тиндаль, Faraday, p. 73, 74; Life of Faraday, v. II. p. 82, 83.

Химія, хотя до значительной степени, эмпирическая наука, не осталась безъ пророческихъ тріумфовъ. Существованіе металловъ калія и натрія было предуказано Лавуазье и ихъ полученіе въ свободномъ состояніи Деви было однимъ изъ главныхъ круціальныхъ экспериментовъ, подтвердившихъ систему Лавуазье. Существованіе многихъ другихъ металловъ, которыхъ никто никогда не видѣлъ, было естественнымъ умозаключеніемъ, и теорія всегда оправдывалась. Въ указанныхъ случаяхъ сложныя соединенія металла были хорошо извѣстны, и былъ предсказанъ результатъ разложенія. Открытіе въ 1876 г. металла галлія особенно интересно потому, что существованіе этого металла, прежде совершенно неизвѣстнаго, было предуказано Менделѣевымъ на основаніи теоретическихъ соображеній, и даже были вѣрно предсказаны нѣкоторыя изъ его свойствъ. Какъ только Уильямсонъ составилъ теорію органическихъ соединеній, тотчасъ же предсказалъ образованіе сложнаго вещества, состоящаго изъ воды, въ которой оба атома водорода замѣщены атомами ацетила. Это вещество, извѣстное какъ уксусный ангиндритъ, было впослѣдствіи получено Жераромъ. Въ дальнѣйшемъ прогрессѣ органической химіи случаи подобнаго рода стали обыкновенными. Теоретикъ химикъ, при помощи классификаціи своихъ веществъ и манипуляцій съ своими формулами, можетъ начертать планъ цѣлой серіи неизвѣстныхъ маслъ, кислотъ и алькоголей, совершенно такъ какъ рисовальщикъ можетъ нарисовать множество узоровъ. Кайли даже вычислилъ для извѣстныхъ случаевъ возможное число химическихъ соединеній [2]). Полученіе многихъ изъ такихъ веществъ есть дѣло обыкновенное; но болѣе интересное предсказаніе сдѣлано было Гофманомъ относительно возможнаго существованія новыхъ соединеній сѣры и селена и даже окисловъ аммонія. Однако эти предсказанія еще ждутъ подтвержденія [3]).

Предсказаніе посредствомъ превращенія причины въ дѣйствіе.

Есть еще одинъ экспериментальный процессъ, который такъ часто приводилъ къ важнымъ открытіямъ, что онъ заслуживаетъ отдѣльнаго размотрѣнія;—я разумѣю превращеніе причины въ дѣйствіе. Такъ если A и B въ одномъ экспериментѣ производятъ C какъ слѣдствіе, тогда антецеденты одинаковой природы съ B и C можно заставить произвести слѣдствіе одинаковой природы съ A въ обратномъ направленіи. Когда мы сообщаемъ теплоту газу, то онъ стремится расширяться; поэтому если мы дадимъ газу расширяться его собственной упругой силой, то въ результатѣ получится холодъ; т. е. B (воздухъ) и C (расширеніе) производятъ отрицаніе A (теплоты). Кромѣ того B (воздухъ) и сжиманіе (обратное относительно C) производятъ A (теплоту). Всѣмъ извѣстенъ законъ, что теплота расширяетъ желѣзо. Но чего нужно ожидать, если вмѣсто того, чтобы увеличивать длину желѣзной полосы посредствомъ нагрѣванія, мы употребимъ механическую силу и станемъ растягивать полосу? Имѣя полосу и прежнее слѣдствіе, расширеніе, мы должны ожидать обратнаго относительно прежняго антецедента, именно холода. Вѣрность такого умозаключенія была доказана Джоулемъ, который съ его обыкновеннымъ искуствомъ изслѣдовалъ величину дѣйствія ¹).

---

[1]) Тэтъ, Thermodynamics, p. 77.

[2]) On the Analytical Forms called Trees with Application to the Theory of Chemical Combinations. *Reports of the British Association*, 1875, p. 257.

[3]) Гофманъ, Introduction to Chemistry, p. 224—25.

Это превращеніе причины въ дѣйствіе въ явленіяхъ теплоты можетъ быть само превращено въ высшей степени любопытнымъ образомъ. Есть нѣсколько веществъ, которыя представляютъ необъяснимыя исключенія изъ общаго закона расширенія отъ теплоты. Каучукъ напр. замѣчателенъ тѣмъ, что онъ при нагрѣваніи сжимается. Поэтому такъ какъ желѣзо и каучукъ противоположнымъ образомъ относятся къ теплотѣ, то мы можемъ ожидать, что какъ растягиваніе желѣза производитъ холодъ, такъ растягиваніе каучука произведетъ теплоту. Это дѣйствительно и оказалось, и каждый можетъ повѣрить это, растягивая быстро каучуковую ленту и держа середину ея во рту. При растягиваніи она слегка нагрѣвается, а при сжиманіи охлаждается.

Читатель видитъ, что нѣкоторыя изъ научныхъ предсказаній, упомянутыхъ въ предшествующихъ параграфахъ, основывались на принципѣ превращенія, таковы напр. теоретическія соображенія объ отношеніи между давленіемъ и точкою таянія. Но можно привести много другихъ примѣровъ. Самый обыкновенный дѣятель употребляемый нами для таянія вещества есть теплота; но если мы можемъ заставить вещество растаять безъ теплоты, тогда нужно ожидать, что въ результатѣ получается обратное теплотѣ. Это и есть принципъ всѣхъ охлаждающихъ смѣсей. Сродство соли къ водѣ заставляетъ ее доводить ледъ до таянія и мы можемъ такимъ образомъ понизить температуру до нуля Фаренгейта. Хлористый кальцій имѣетъ такое большое сродство къ водѣ, что при помощи его можно понизить температуру до —45° Ц. Даже раствореніе

---

¹) Phil. Trans. 1855. v. CXLV. p. 100 etc.

нѣкоторыхъ сплавовъ свинца, олова и висмума въ ртути можетъ понизить температуру до 27° Ц. Всѣ другія способы полученія холода представляютъ употребленіе теплоты обратное относительно ея обыкновеннаго употребленія. Замораживающая машина Карре представляетъ обратный аппаратъ относительно перегоннаго аппарата, и перегонка дѣлается химическимъ сродствомъ вмѣсто теплоты. Другаго рода замораживающая машина представляетъ совершенно обратное относительно паровой машины.

Другаго рода превращеніе производитъ очень парадоксальное дѣйствіе. Трудно повѣрить, чтобы струя пара въ 100° Ц. могла поднять температуру массы воды гораздо выше, чѣмъ его собственная температура. Но Спенсъ показалъ, что если точка кипѣнія солянаго раствора выше 100°, то онъ вслѣдствіе своего сродства къ водѣ будетъ продолжать сгущать паръ даже при температурѣ выше 100°. Онъ все будетъ сгущать паръ до тѣхъ поръ, пока не нагрѣется до той точки, при которой упругость его собственныхъ паровъ будетъ равна давленію атмосферы, т. е. до его собственной точки кипѣнія [1]). Далѣе, такъ какъ ледъ таетъ отъ теплоты, то можно было бы ожидать, что вслѣдствіе обратнаго превращеніи воды въ ледъ получается теплота. Это же бываетъ и въ явленіяхъ пріостановленнаго замерзанія. Вода можетъ быть охлаждена въ стекляномъ сосудѣ на нѣсколько градусовъ ниже точки замерзанія, и тѣмъ не менѣе оставаться въ жидкомъ состояніи. Но если ее взболтать и особенно если ее привести въ соприкосновеніе съ небольшимъ кусочкомъ льда, то она мгновенно превращается въ ледъ и температура ея повышается до 0° Ц. Это явленіе бываетъ еще очевиднѣе въ химическомъ опытѣ пріостановленной кристаллизаціи раствора сѣрнокислаго натра, въ которомъ температура быстро повышается на 15° или 20° Ц.

Наука объ электричествѣ полна самыми интересными случаями превращенія. Какъ свидѣтельствуетъ Тиндаль, Фаредей былъ глубоко убѣжденъ во взаимности отношеній существующихъ между физическими силами. Великая исходная точка его изслѣдованій, открытіе электро-магнитизма, была случаемъ превращенія. Эрштедъ и Амперъ доказали, что электрическій токъ и магнитъ какъ антецеденты даютъ движеніе какъ слѣдствіе. Поэтому если магнитъ, проволока и *движеніе* будутъ антецедентами, то слѣдствіемъ будетъ *противоположный* электрическій токъ. Можно было бы прослѣдить въ безконечность результаты этого плодотворнаго отношенія. Другую часть изслѣдованій Фаредея составляло опредѣленіе прямыхъ и обратныхъ отношеній магнитныхъ и діамагнитныхъ, аморфныхъ и кристаллическихъ веществъ въ различныхъ обстоятельствахъ. Принципъ обратныхъ отношеній имѣетъ силу во всѣхъ электрическихъ отношеніяхъ. Вольтаметръ есть приборъ обратный относительно гальванической баттареи. Такъ какъ теплота сообщенная соединеннымъ попарно полоскамъ сюрьмы и висмута производитъ электричество, то изъ этого слѣдуетъ, что электрическій токъ, проходящій по такимъ парамъ, долженъ произвести холодъ. Изъ всего этого ясно видно, что превращеніе причины въ дѣйствіе есть очень плодотворное средство для открытій и предсказаній.

---

[1]) Proceed. of the Manchester Phil. Soc., Feb. 1870.

Факты, извѣстные только по теоріи.

Изъ четырехъ указанныхъ нами классовъ фактовъ остается неразсмотрѣннымъ послѣдній. Онъ содержитъ еще не подтвердившіяся предсказанія науки. Научное пророчество привлекаетъ къ себѣ всеобщее вниманіе, когда оно относится къ такимъ поразительнымъ фактамъ какъ затмѣніе, появленіе большой кометы или другого какого нибудь явленія, которое публика можетъ провѣрить своими собственными глазами. Но конечно еще болѣе удивительно, если физика описываетъ и измѣряетъ явленія, которыя не видимы для глазъ и недоступны ни для какого чувства. Въ большинствѣ случаевъ это происходитъ отъ того, что дѣйствіе слишкомъ мало по величинѣ, чтобы подѣйствовать на наши органы чувстъ или быть доступнымъ для нашихъ инструментовъ, какъ они теперь устраиваются. Но есть классъ еще болѣе замѣчательныхъ случаевъ, въ которыхъ явленіе не можетъ быть наблюдаемо, и однако же мы можемъ сказать, каково оно было бы, если бы его можно было наблюдать.

Въ астрономіи систематическая аберрація есть дѣйствіе собственнаго движенія солнца, о которомъ почти навѣрное можно сказать, что оно существуетъ, но на открытіе котораго нѣтъ никакой надежды при настоящемъ состояніи вселенной. Такъ какъ движеніе земли вокругъ солнца въ связи съ движеніемъ свѣта производитъ видимое уклоненіе звѣздъ отъ ихъ дѣйствительнаго положенія на 18″ покрайней мѣрѣ, то движеніе всей планетной системы по міровому пространству должно производить подобное же уклоненіе покрайней мѣрѣ на 5″. Обыкновенная аберрація можетъ быть леко замѣчена съ новыми астрономическими инструментами, потому что она имѣетъ періодъ годичнаго измѣненія въ направленіи или величинѣ; но систематическая оберрація остается неизмѣнною все время, пока планетная система движется равномѣрно по видимо прямой линіи. Только тогда, когда съ теченіемъ вѣковъ кривизна солнечнаго пути станетъ замѣтною, мы можемъ надѣяться провѣрить существованіе этого рода аберраціи. Собственное движеніе солнца можетъ оказать также интересное дѣйствіе на видимые періоды обращенія двойныхъ звѣздъ.

Для меня самыя интересныя истины во всей области науки тѣ, которыя никогда не были и вѣроятно никогда не могутъ быть провѣрены опытомъ. Такъ химикъ съ весьма высокою степенью вѣроятности опредѣляетъ плотность пара такихъ элементовъ, какъ углеродъ и кремній, которые никогда не были наблюдаемы въ свободномъ состояніи въ видѣ пара. Химикамъ извѣстна такъ же плотность паровъ элементовъ при температурахъ, до которыхъ эти элементы никогда не доводились въ формѣ паровъ во время экспериментовъ и вѣроятно никогда не могутъ быть доведены.

Джоуль и другіе вычисляли дѣйствительную скорость частицъ газа и даже число столкновеній, которое должно происходить въ секунду при ихъ непрерывныхъ движеніяхъ. Физики еще не дали намъ точныхъ величинъ частицъ матеріи, но они помощью многихъ методовъ покрайней мѣрѣ указали предѣлы, внутри которыхъ должны лежать эти величины. Такіе научные результаты всегда останутся внѣ предѣловъ повѣрки ихъ чувствами. Въ другомъ мѣстѣ я имѣлъ случай замѣтить, что волны свѣта, внутренній процессъ электрическихъ измѣненій, свойства эѳира, лежащаго въ основаніи всѣхъ явленій, по необходимости опредѣляются только гипотетически, но отнюдь не менѣе достовѣрно.

Хотя наблюденіе показало прозрачность только двухъ металловъ, однако мы знаемъ на основаніи теоріи, что они всѣ болѣе или менѣе прозрачны; мы даже можемъ вычислить по теоріи ихъ показателей преломленія и показать, что они очень велики. Явленія эллиптической поляризаціи, а можетъ быть также явленія внутренней радіаціи [1]) зависятъ отъ показателя преломленія и такимъ образомъ даже въ томъ случаѣ, когда мы не можемъ наблюдать никакихъ преломленныхъ лучей, мы можемъ узнать, какъ они должны преломляться.

Во многихъ случаяхъ развиваются большія количества электричества, котораго однако нельзя наблюдать, потому что оно немедленно разряжается. Въ обыкновенной электрической машинѣ цилиндръ и подушки сдѣланы изъ непроводниковъ, такъ что мы можемъ раздѣлить и собрать электричество. Но небольшая сырость, дѣйствуя какъ проводникъ, не даетъ этому раздѣленію продолжаться сколько нибудь замѣтное время. Поэтому несомнѣнно, что когда мы тремъ одинъ о другой два хорошихъ проводника, напр. два куска металла, то при этомъ развивается много электричества, но оно тотчасъ же обращается въ какую нибудь другую форму живой силы. Джоуль думаетъ, что вся теплота отъ тренія есть превращенное электричество.

---

[1]) Бальфуръ Стюартъ, Elementary Treatise on Heat, I ed. p. 198.

Что касается явленій незамѣтной величины, то природа полна ими. Мы должны смотрѣть на тѣ измѣненія, какія мы можемъ наблюдать, какъ на сравнительно рѣдкіе аггрегаты малыхъ измѣненій. Небольшое размышленіе показываетъ, что нѣтъ ни одного предмета извѣстнаго намъ, который бы въ теченіи двухъ мгновеній удерживалъ совершенно одинаковую температуру. А если такъ, то и размѣры предмета должны находиться въ состояніи постояннаго измѣненія. Меньшія планеты и лунныя возмущенія безконечно многочисленны, но они были обыкновенно слишкомъ малы, чтобы ихъ можно было открыть наблюденіемъ, хотя величины ихъ могутъ быть указаны по теоріи. Есть основанія думать, что химическія и электрическія дѣйствія малой величины совершаются постоянно. Самыя твердыя вещества, если обратить ихъ въ мельчайшій порошокъ и разболтать въ водѣ, обнаруживаютъ колебательныя движенія, происходящія отъ химическихъ и электрическихъ измѣненій, но столь слабыхъ, что они продолжаются цѣлые годы, не измѣняя замѣтно вѣса частичекъ. Земной магнитизмъ долженъ болѣе или менѣе дѣйствовать на всякій предметъ на земной поверхности. Какъ замѣчаетъ Тиндаль, «всякая масса желѣзной руды возвышающаяся вертикально становится магнитомъ, и притомъ основаніе ея сѣвернымъ полюсомъ, а ея вершина южнымъ. Также точно, хотя и въ гораздо слабѣйшей степени, всякая вертикально стоящая мраморная статуя есть настоящій діамагнитъ, и голова ея есть сѣверный полюсъ, а ноги южный. Тоже самое несомнѣнно вѣрно и относительно человѣка, который стоитъ на земной поверхности, потому что всѣ ткани тѣла діамагниты» [1]. Солнечный свѣтъ производитъ весьма быстрое и замѣтное дѣйствіе на фотографическую пластинку; по всей вѣроятности онъ имѣетъ меньшее дѣйствіе на множество другихъ веществъ. На всякое явленіе мы можемъ смотрѣть какъ на преувеличенный и замѣтный случай процесса, который въ безконечномъ множествѣ случаевъ превышаетъ средства нашего наблюденія.

---

[1] Phil. Trans., v. CXLVI, p. 249.

ГЛАВА XXV.

СОГЛАСІЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХЪ ТЕОРІЙ.

Въ предшествующей главѣ мы нашли, что факты могутъ быть подведены подъ четыре категоріи относительно связи ихъ съ теоріей и съ нашими средствами объясненія или предсказанія. Но разсмотрѣнные доселѣ факты имѣли вообще скорѣе качественный чѣмъ количественный характеръ; но если мы остановимъ вниманіе исключительно на количествѣ явленія и на различныхъ способахъ, которыми мы можемъ опредѣлять его величину, то и тогда можно принять ту же систему классификаціи. Однако здѣсь возможно пять случаевъ:

1) Мы можемъ прямо и эмпирически измѣрять явленіе, не имѣя возможности объяснить, почему оно должно имѣть извѣстное опредѣленное количество, или связать его теоріей съ другими количествами.

2) Въ значительномъ числѣ случаевъ мы можемъ теоретически предсказать существованіе явленія, но не имѣемъ возможности опредѣлить его величину иначе какъ посредствомъ прямаго измѣренія, или объяснить величину теоретически, когда она получена экспериментально.

3) Мы можемъ измѣрить количество и впослѣдствіи объяснить, какъ оно относится къ другимъ количествамъ или какъ оно управляется извѣстными количественными законами.

4) Мы можемъ предсказать количество дѣйствія на теоретическихъ основаніяхъ, и впослѣдствіи подтвердить предсказаніе прямымъ измѣреніемъ.

5) Мы можемъ не прямо опредѣлить количество дѣйствія, не имѣя однако возможности провѣрить его опытомъ.

Эти классы количественныхъ фактовъ можно было бы пояснить громаднымъ числомъ интересныхъ примѣровъ изъ теоріи естествознанія. Но здѣсь мы приведемъ только нѣсколько примѣровъ каждаго класса.

Эмпирическія измѣренія.

Къ первому классу чисто эмпирическихъ измѣреній, которыя еще не были подведены подъ какую нибудь теоретическую систему, можно отнести большую массу количественныхъ фактовъ, собранныхъ учеными наблюдателями. Таблицы числовыхъ результатовъ, которыми изобилуютъ книги по химіи и физикѣ, большіе кварто, содержащіе наблюденія общественныхъ обсерваторій, разнообразнѣйшія таблицы метеорологическихъ наблюденій, публикуемыя постоянно, самые запутанные результаты относительно земнаго магнитизма,—таковы результаты измѣреній большею частью остающіеся эмпирическими или потому, что теорія недостаточна, или потому, что трудъ вычисленія и сравненія слишкомъ громаденъ. Однако въ гринвичской обсерваторіи заведенъ нынѣшнимъ королевскимъ астрономомъ такой благотворный порядокъ, что наблюденія всегда обработывались и сравнивались съ теоріями всѣхъ родовъ. Поэтому уклоненія отъ теоріи даютъ матеріалъ для открытія погрѣшностей или новыхъ явленій; словомъ наблюденія достигаютъ своего предназначенія. Но другія учрежденія слишкомъ часто ограничиваются только собираніемъ чиселъ, изъ которыхъ не дѣлается никакого употребленія, потому что трудъ разработки ихъ и сравненія съ теоріей слишкомъ великъ, чтобы его могли принять на себя частные изслѣдователи. На метеорологію въ особенности тратится громадное количество труда и денегъ, хотя только малая часть собранныхъ результатовъ дѣйствительно служитъ для развитія науки. На одного метеоролога подобнаго Кетеле, Дове или Баксенделю, который посвящаетъ свой дѣйствительно полезный трудъ на разработку наблюденій сдѣланныхъ другими, приходится цѣлая сотня такихъ, которые работаютъ съ иллюзіей, будто они подвигаютъ науку впередъ, обременяя наши книжныя полки числовыми таблицами. Подобнымъ же образомъ можно опасаться, что вся масса статистическихъ чиселъ относительно торговли, рожденій или смертности будетъ имѣть мало научнаго значенія. Чисто эмпирическія измѣренія могутъ имѣть прямую практическую важность, такъ напр. таблицы удѣльныхъ вѣсовъ или крѣпости матеріаловъ, столь полезныя для инженеровъ; удѣльные вѣса смѣсей воды съ кислотами, со спиртами, солями и проч. необходимы для химическихъ заводовъ, для таможенныхъ повѣрокъ и проч.; наблюденія надъ количествомъ дождя нужны для вопросовъ водоснабженія; показатель преломленія различнаго рода стеколъ долженъ быть извѣстенъ при производствѣ ахроматическихъ чечевицъ. Но во всѣхъ такихъ случаяхъ изъ измѣреній дѣлается не научное, но практическое употребленіе. Можно утверждать, что никакое число, остающееся изолированнымъ и несравненное по теоріи съ другими числами, не имѣетъ научнаго значенія. Испробовавши посредствомъ растяженія крѣпость куска желѣза при извѣстныхъ опредѣленныхъ условіяхъ, мы знаемъ, какова будетъ крѣпость того же рода желѣза при тѣхъ же условіяхъ, если только мы можемъ когда нибудь встрѣтить совершенно такой же родъ желѣза; но мы не можемъ дѣлать заключенія отъ одного куска къ другому, ни установить какихъ-нибудь законовъ точно связывающихъ крѣпость желѣза съ количествомъ примѣшанныхъ къ нему нечистотъ.

Количества указанныя теоріей, но измѣренныя эмпирически.

Во многихъ случаяхъ мы можемъ предвидѣть существованіе количественнаго дѣйствія на основаніи общихъ принциповъ, но не можемъ опредѣлить величины этого дѣйствія или по недостатку числовыхъ данныхъ или по совершенному отсутствію всякой математической теоріи. Тогда для опредѣленія этой величины мы должны прибѣгнуть къ прямому опыту. Будемъ ли мы заключать по аналогіи отъ океаническихъ приливо-отливовъ, или дедуктивно по теоріи тяготѣнія, во всякомъ случаѣ несомнѣнно, что въ атмосферѣ должны быть воздушные приливо-отливы какой нибудь величины. Однако же теорія, даже въ рукахъ Лапласа, не въ состояніи была справиться съ сложными механическими условіями атмосферы и предсказать величину этихъ приливо-отливовъ; но съ другой стороны эта величина столь мала и самые эти приливо-отливы до такой степени маскируются гораздо большими волнами происходящими отъ нагрѣванія солнцемъ и другими метеорологическими возмущеніями, что они вѣроятно никогда не могли бы быть открыты чисто эмпирическими наблюденіями. Однако же когда было указано ихъ существованіе и ихъ періоды, легко уже было произвести рядъ метеорологическихъ наблюденій въ такихъ мѣстахъ, гдѣ по возможности было бы меньше случайныхъ колебаній и затѣмъ посредствомъ надлежащаго примѣненія метода среднихъ величинъ открыть слабыя дѣйствія, о которыхъ идетъ рѣчь. Такимъ образомъ было показано, что главный лунный атмосферный приливо-отливъ составляетъ отъ 0,003 до 0,004 дюйма [1]).

Теорія оказываетъ самую большую возможную помощь при примѣненіи метода среднихъ. Потому что если мы имѣемъ большое число эмпирическихъ измѣреній, изъ которыхъ каждое представляетъ соединенное дѣйствіе нѣсколькихъ причинъ, то намъ нужно будетъ взять среднее всѣхъ тѣхъ измѣреній, при которыхъ присутствовало искомое дѣйствіе и сравнить его съ среднимъ остальныхъ, въ которыхъ это дѣйствіе отсутствовало или дѣйствовало въ противоположномъ направленіи. Разность и покажетъ величину дѣйствія, а во второмъ случаѣ эту же величину удвоенную. Такъ при атмосферныхъ приливо-отливахъ мы беремъ среднее всѣхъ наблюденій, когда луна находилась на меридіанѣ, и сравниваемъ его со среднимъ наблюденій, когда она на горизонтѣ. Въ этомъ случаѣ мы полагаемся на тотъ шансъ, что всѣ другія дѣйствія будутъ дѣйствовать столь же часто въ одномъ направленіи какъ и въ другомъ и при выведеніи средняго нейтрализуютъ другъ друга. Но при этомъ однако было бы очень выгодно имѣть возможность рѣшить по теоріи, когда присутствуетъ и отсутствуетъ каждое главное возмущающее дѣйствіе; потому что тогда среднія могутъ быть выведены такъ, чтобы можно было отдѣлить каждое такое дѣйствіе, оставляя для закона погрѣшностей только меньшія и случайныя уклоненія. Такъ если будетъ три главныхъ дѣйствія и мы выведемъ среднія дающія отдѣльно сумму всѣхъ трехъ, сумму первыхъ двухъ и сумму послѣднихъ двухъ, тогда мы получаемъ три простыхъ уравненія, рѣшеніемъ которыхъ опредѣляется каждое количество.

---

[1]) Грантъ, History of Physical Astronomy, p. 162.

Объясненные результаты измѣренія.

Второй классъ измѣренныхъ явленій содержитъ такія явленія, которыя были измѣрены прямымъ и чисто эмпирическимъ примѣненіемъ измѣряющихъ инструментовъ и затѣмъ впослѣдствіи было показано, что они согласуются съ какимъ нибудь гипотетическимъ объясненіемъ. Такіе результаты уже можно употреблять въ дѣло и изъ сравненія ихъ можно извлечь много пользы. Соотвѣтствіе съ теоріей рѣдко бываетъ точнымъ или никогда не бываетъ точнымъ; и даже еслибы это и было, то такое совпаденіе должно считаться случайнымъ.

Если разногласія между теоріей и опытомъ сравнительно малы и измѣняются по величинѣ и направленію, то мы во многихъ случаяхъ смѣло можемъ приписать ихъ незначительнымъ источникамъ ошибки въ экспериментальныхъ процессахъ. Строгій методъ требуетъ вычислить вѣроятную погрѣшность средняго вывода изъ наблюденныхъ результатовъ (стр. 363), и затѣмъ смотрѣть, лежитъ ли теоретическій результатъ въ предѣлахъ вѣроятной погрѣшности. Если да, и если экспериментальные результаты согласуются также хорошо и съ теоріей, какъ они согласуются между собою, то вѣроятность теоріи сильно увеличивается и мы уже съ большею увѣренностью можемъ употреблять теорію для предуказанія дальнѣйшихъ результатовъ. Вѣроятная погрѣшность, какъ мы уже говорили, даетъ мѣру только дѣйствій происходящихъ изъ случайныхъ и измѣняющихся источниковъ ошибки. Поэтому если средніе результаты двухъ способовъ опредѣленія количества такъ расходятся между собою, что разница выходитъ изъ границъ вѣроятной погрѣшности, то мы можемъ заключать о существованіи какого нибудь незамѣченнаго нами источника постоянной ошибки въ одномъ или въ обоихъ способахъ. Мы разсмотримъ подробнѣе въ одномъ изъ слѣдующихъ параграфовъ несогласіе между измѣреніями.

Количества опредѣленныя по теоріи и подтверждаемыя измѣреніемъ.

Одинъ изъ наиболѣе удовлетворительныхъ критеріевъ теоріи состоитъ въ томъ, что на основаніи ея можно не только предсказать природу явленія и обстоятельства, въ которыхъ оно можетъ быть наблюдаемо, но и указать точно количество явленія. Если мы затѣмъ можемъ употребить въ дѣло точные инструменты и измѣрить величину наблюденнаго явленія, то въ этомъ мы имѣемъ прекрасный случай подтвердить или отвергнуть теорію. Этимъ способомъ Ньютонъ прежде всего пробовалъ подтвердить свою теорію тяготѣнія. Онъ зналъ приблизительно скорость паденія тѣлъ на земной поверхности, и если законъ обратной пропорціональности квадрату разстояній вѣренъ и предполагаемое разстояніе луны тоже вѣрно, тогда луна должна падать къ землѣ съ скоростью 15 футовъ въ минуту. Но дѣйствительное уклоненіе луны отъ касательной къ ея орбитѣ составляло только 13 футовъ въ минуту, и такимъ образомъ разница составляла два фута на 15, что и заставило Ньютона «отложить пока въ сторону всякія дальнѣйшія мысли объ этомъ предметѣ». Спустя лѣтъ 15 или 16 Ньютонъ получилъ болѣе точныя данныя, на основаніи которыхъ онъ могъ вычислить величину лунной орбиты, и при этомъ оказалось, что разница получается незначительная.

Такимъ образомъ его теорія была подтверждена въ томъ, что касалось луны; но это было для него только началомъ длиннаго ряда дедуктивныхъ вычисленій, изъ которыхъ каждое оканчивалось подтвержденіемъ. Если земля и луна притягиваютъ другъ друга, а также солнце и земля, то есть основаніе ожидать, что солнце и луна притягиваютъ другъ друга. Ньютонъ сдѣлалъ выводъ изъ этого умозаключенія и показалъ, что луна движется не такъ, какъ еслибы она притягивалась только землею, но иногда быстрѣе, а иногда медленнѣе. Сличеніе наблюденій Флемстида надъ луною показало, что это дѣйствительно такъ и есть. Далѣе Ньютонъ умозаключалъ, что такъ какъ воды океана не неподвижно прикрѣплены къ землѣ, то они могутъ притягивать луну и взаимно притягиваться ею, независимо отъ остальной земли. Вслѣдствіе этого должны происходить суточныя движенія въ океанѣ, что и подтверждается приливо-отливами. Ньютонъ съ необыкновеннымъ глубокомысліемъ вывелъ геометрически слѣдствія его теоріи и постоянно сравнивалъ ихъ съ опытомъ, что и даетъ ему преимущество надъ всѣми естествоиспытателями.

Количества опредѣленныя по теоріи и не подтвержденныя.

Обыкновенно случается, что мы имѣемъ возможность на основаніи извѣстныхъ измѣренныхъ явленій и правильной теоріи опредѣлить величину какого нибудь другаго явленія, котораго мы или вовсе не можетъ измѣрить или не можетъ измѣрить съ точностью требуемою для повѣрки предсказанія. Такъ Лапласъ, составивши теорію движеній спутниковъ Юпитера на основаніи гипотезы тяготѣнія, нашолъ, что эти движенія сильно измѣняются вслѣдствіе сфероидальной формы Юпитера. Движенія спутниковъ можно наблюдать съ большою точностью, благодаря ихъ частнымъ затмѣніямъ и прохожденіямъ, и по этимъ движеніямъ мы можемъ умозаключать обратно и опредѣлить эллиптичность планеты. Опредѣленное такимъ образомъ отношеніе между полярною и экваторіальною осями было приблизительно какъ 13 къ 14; и это довольно близко согласуется съ произведенными прямыми микрометрическими измѣреніями планеты. Но Лапласъ думалъ, что теорія даетъ болѣе точный результатъ чѣмъ прямое наблюденіе, такъ что о теоріи нельзя сказать, что она даетъ возможность прямой повѣрки.

Удѣльная теплота или теплоемкость воздуха на основаніи прямыхъ опытовъ считалась въ 0,2669, принимая теплоемкость воды за единицу; но методъ опытовъ представляетъ значительныя причины погрѣшностей. Ранкинъ показалъ, что возможно вычислить эту величину по механическому эквиваленту теплоты и нашолъ, что она составляетъ 0,2378. Это опредѣленіе было принято какъ наиболѣе удовлетворительный результатъ, хотя и не было повѣрено; впослѣдствіи Реньо получилъ изъ прямыхъ опытовъ число 0,2377, показывающее, что предсказаніе было основательно.

Легко видѣть, что въ количественныхъ изслѣдованіяхъ повѣрка есть вопросъ степени и вѣроятности. Менѣе точный методъ измѣренія не можетъ повѣрять болѣе точнаго, такъ что когда мы получаемъ опредѣленіе одной и той же физической величины нѣсколькими разными способами, то часто бываетъ затруднительно рѣшить, какой результатъ болѣе надеженъ и долженъ быть употребленъ для непрямаго опредѣленія другихъ количествъ. Напр. въ остроумныхъ экспериментахъ Джоуля и Томсона надъ термическими явленіями жидкостей находящихся въ движеніи [1]) заключался механическій эквивалентъ теплоты какъ физическая постоянная; значитъ въ случаѣ надобности можно было бы воспользоваться ихъ экспериментами для опредѣленія этой важной постоянной. Но если болѣе прямые опыты даютъ механическій эквивалентъ теплоты съ большею точностью, тогда опыты надъ жидкостями гораздо лучше употребить въ дѣло для опредѣленія различныхъ количествъ относящихся къ теоріи жидкостей. Въ слѣдующихъ параграфахъ мы подробнѣе разсмотримъ вопросы этого рода.

Есть конечно много количествъ опредѣляемыхъ на теоретическихъ основаніяхъ, которыхъ мы не въ состояніи провѣрить съ соотвѣтствующею точностью. Толщина золотаго листочка, средняя глубина океановъ, скорость приближенія звѣзды къ землѣ или удаленія отъ нея, выводимая по умозаключенію изъ спектроскопическихъ данныхъ (стр. 282) представляютъ примѣры этого рода; но можно привести еще много другихъ, гдѣ прямая повѣрка представляется невозможною. Ньютонъ и послѣдующіе физики измѣрили свѣтовыя волны, и разными способами узнана скорость распостраненія свѣта. Такъ какъ волна средняго зеленаго цвѣта имѣетъ около 5 десятимилліонныхъ метра длины и распространяется со скоростью почти 300,000,000 метровъ въ секунду, то изъ этого слѣдуетъ, что около 600,000,000,000,000 волнъ должны дѣйствовать въ секунду на ретину глазу воспринимающаго такой свѣтъ. Но какимъ образомъ мы можемъ повѣрить это невообразимое число прямымъ счетомъ импульсовъ, повторяющихся шесть сотъ билліоновъ разъ въ секунду?

Разногласіе между теоріей и опытомъ.

Когда между результатами теоріи и прямыми измѣреніями оказывается явное несогласіе, тогда возникаютъ интересные вопросы относительно того, какимъ образомъ объяснить это несогласіе. Это объясненіе можно сдѣлать по крайней мѣрѣ четырьмя способами:

1) Можетъ быть ошибочно прямое измѣреніе вслѣдствіе различныхъ источниковъ случайныхъ погрѣшностей.

2) Теорія можетъ быть вѣрна въ томъ, что касается общей формы предполагаемыхъ законовъ, но при этомъ могутъ быть не точны нѣкоторыя изъ постоянныхъ чиселъ или другихъ количественныхъ данныхъ употребленныхъ при теоретическихъ вычисленіяхъ.

---

[1]) Phil. Trans. 1854, v. CXLIV. p. 364.

3) Теорія можетъ быть ложною въ томъ смыслѣ, что формы математическихъ уравненій взятыхъ для выраженія законовъ природы не вѣрны.

4) Теорія и входящія въ нее количества могутъ быть приблизительно точны, но при этомъ можетъ примѣшиваться дѣйствіе какой нибудь правильной неизвѣстной причины, такъ что на разницу можно смотрѣть какъ на *остаточное дѣйствіе*, представляющее можетъ быть новое и интересное явленіе.

Нельзя постановить никакихъ точныхъ правилъ относительно наилучшаго способа объясненія разногласій, и въ этомъ дѣлѣ все зависитъ отъ проницательности и знанія экспериментатора; но всетаки можно порекомендовать слѣдующее.

Если экспериментальныя измѣренія не многочисленны, то нужно повторить ихъ и получить болѣе обширный средній результатъ, вѣроятная точность котораго относительно случайныхъ погрѣшностей увеличивается пропорціонально квадратному корню изъ числа экспериментовъ. Если такимъ образомъ не получится значительнаго измѣненія въ результатѣ, то мы должны подозрѣвать существованіе какого нибудь болѣе глубокаго источника ошибокъ въ нашемъ методѣ измѣренія. Дальнѣйшею мѣрою должно быть измѣненіе величины и формы употребляемаго аппарата и введеніе различныхъ измѣненій въ употребляемые матеріалы или въ процедуру опыта въ той надеждѣ, что такимъ образомъ можетъ быть устранена какая нибудь причина постоянной ошибки. Если несогласіе съ теоріей все таки остается и не уменьшается, то мы должны попробовать придумать какой нибудь совершенно иной способъ дойти до того же физическаго количества, при которомъ мы можемъ быть увѣрены, что одна и таже причина ошибки не будетъ вліять какъ на новый, такъ и на старый результаты. Во многихъ случаяхъ возможно найти пять или шесть существенно различныхъ способовъ получить одно и тоже опредѣленіе.

Если разногласіе всетаки остается, то намъ нужно обратиться къ мысли, что можетъ быть наши прямыя измѣренія вѣрны, но напротивъ неточны данныя употребленныя при теоретическихъ вычисленіяхъ. Мы должны поэтому подвергнуть пересмотру основанія, на которыхъ утверждаются эти данныя, вытекающія въ концѣ концовъ изъ прямыхъ измѣреній. Сравненіе имѣющихся данныхъ покажетъ степень вѣроятности, какая свойственна употребленному среднему результату; и если есть какое нибудь основаніе предполагать существованіе ошибки, то мы должны повторить наблюденія и варьировать формы эксперимента, совершенно также какъ при прежнихъ измѣреніяхъ. Когда разногласіе всетаки продолжаетъ оставаться, то это должно показать намъ, что мы еще не вполнѣ овладѣли теоріею дѣйствующихъ здѣсь причинъ, причемъ возможны два различныхъ случая. Или мы неправильно поняли дѣйствіе тѣхъ причинъ, существованіе которыхъ намъ извѣстно, или мы могли не замѣтить существованія одной или нѣсколькихъ другихъ причинъ. Въ первомъ случаѣ наша гипотеза значитъ неудачно придумана и непримѣнима; но вопросъ о томъ, должны ли мы бросить ее, зависитъ отъ того, можемъ ли мы составить другую гипотезу, которая представитъ болѣе точное согласіе. О вѣроятности гипотезы, какъ сказано прежде (стр. 232), нужно судить, за отсутствіемъ апріорныхъ основаній для сужденія, по вѣроятности того, что если предполагаемыя причины существуютъ, то долженъ послѣдовать наблюденный результатъ; но такъ какъ здѣсь мало вѣроятности согласить первоначальную гипотезу съ нашими прямыми измѣреніями, то открывается поле для новыхъ гипотезъ, и всякая гипотеза, которая даетъ болѣе близкое согласіе съ измѣреніемъ, должна имѣть больше права на вниманіе. Само собою разумѣется, что мы никогда не должны судить о вѣроятности гипотезы единственно по ея согласію только съ немногими результатами. Главнымъ образомъ нужно принимать во вниманіе ея общую аналогію и согласіе съ другими извѣстными законами природы и тотъ фактъ, чтобы она не противорѣчила другимъ вѣроятнымъ теоріямъ. Условіе удовлетворительной гипотезы, состоящее въ томъ, чтобы она давала возможность вывода фактовъ, подтверждаемыхъ наблюденіемъ, должно быть истолковываемо въ самомъ обширномъ смыслѣ и оно должно обнимать всѣ виды и случаи согласія или разногласія. Когда всѣ попытки соглашенія оказались безуспѣшными, тогда остается единственное заключеніе, что существуетъ какая нибудь неизвѣстная причина новаго характера. Если же измѣренія точны и теорія вѣроятна, тогда значитъ есть *остаточное явленіе*, которое, не имѣя теоретическаго объясненія, должно быть отложено въ сторону какъ новый эмпирическій фактъ заслуживающій дальнѣйшаго изслѣдованія. Непримиренныя остаточныя разногласія часто заключали въ себѣ новыя открытія величайшей важности.

Согласіе въ измѣреніяхъ астрономическихъ разстояній.

Одинъ изъ самыхъ поучительныхъ примѣровъ того, какимъ образомъ различныя измѣренія подтверждаютъ или опровергаютъ другъ друга, представляетъ опредѣленіе скорости свѣта и размѣровъ планетной системы. Ремеръ первый открылъ, что свѣтъ требуетъ времени для прохожденія по пространству, при помощи наблюденій надъ затмѣніями спутниковъ Юпитера, которыя хотя и совершаются въ опредѣленные моменты абсолютнаго времени, однако въ различныхъ частяхъ земной орбиты бываютъ видимы въ различные моменты, смотря по разстоянію между землей и Юпитеромъ. Было найдено, что время употребляемое свѣтомъ на прохожденіе средняго полудіаметра земной орбиты составляетъ около 8 минутъ. Среднее разстояніе солнца отъ земли долго принималось астрономами въ 95274000 англійскихъ миль, что было выведено Бесселемъ изъ наблюденій прохожденія Венеры случившагося въ 1769; по этимъ наблюденіямъ было найдено, что солнечный параллаксъ или что тоже, видимая угловая величина земли, если смотрѣть съ солнца, равенъ 8″,578. Раздѣляя среднее разстояніе земли отъ солнца на число секундъ въ 8 минутахъ, 13,3 секундахъ, мы получаемъ скорость свѣта около 192000 англійскихъ миль въ секунду.

Почти такой же результатъ былъ полученъ повидимому совершенно различнымъ способомъ. Аберрація свѣта есть видимое измѣненіе въ направленіи луча свѣта происходящее вслѣдствіе его собственнаго движенія въ связи съ движеніемъ земли вокругъ солнца. Зная величину аберраціи и среднюю скорость земли, мы можемъ вычислить скорость свѣта, которая оказывается такимъ образомъ 191100 англ. миль въ секунду. Это опредѣленіе зависитъ отъ новаго физическаго количества, количества аберраціи, которое опредѣлено прямымъ наблюденіемъ надъ звѣздами, такъ что близкое согласіе въ опредѣленіяхъ скорости свѣта полученныхъ различными методами мало оставляетъ мѣста для сомнѣнія, такъ какъ разница между ними меньше одного процента.

Тѣмъ не менѣе экспериментаторы не удовольствовались этимъ и не считали вопроса рѣшоннымъ до тѣхъ поръ, пока имъ не удалось измѣрить скорость свѣта прямыми опытами, произведенными на земной поверхности. Физо при помощи быстро вращающагося зубчатаго колеса опредѣлилъ скорость свѣта въ 195,920 англ. миль въ секунду. Такъ какъ этотъ результатъ разнился отъ прежнихъ опредѣленій почти на одну 60 часть, то было признано нужнымъ произвести дальнѣйшія изслѣдованія. Вращающееся зеркало, употребленное Уитстономъ при измѣреніи скорости электричества, было еще болѣе остроумнымъ способомъ и было примѣнено Физо и Фуко для опредѣленія скорости свѣта. Этотъ послѣдній физикъ пришолъ къ неожиданному заключенію, что скорость свѣта въ дѣйствительности не болѣе 185,172 англ. миль въ секунду. Ни одно повтореніе опыта не поколебало этого результата и потому разница между астрономическими и экспериментальными результатами составляетъ около 7,000 миль въ секунду. Самые послѣдніе опыты Корню только немного увеличили цифру опредѣленія и дали 186,660 миль въ секунду. Небольшое размышленіе показываетъ, что оба астрономическія опредѣленія основывались на одномъ данномъ, на величинѣ земной орбиты, потому что наше опредѣленіе скорости земли по ея орбитѣ зависитъ отъ нашего опредѣленія средняго разстоянія отъ солнца. Поэтому относительно этого количества два астрономическія результата могутъ считаться за одинъ. Хотя признавалось, что прохожденіе Венеры даетъ самыя лучшія данныя для вычисленія параллакса солнца, однако астрономы не пренебрегали и менѣе благопріятными случаями. Ганзенъ, произведши вычисленія на основаніи извѣстныхъ неравенствъ въ движеніи луны, опредѣлилъ его въ 8″,916, Виннеке на основаніи наблюденій надъ Марсомъ въ 8″,964, Леверье на основаніи движеній Марса, Венеры и луны въ 8″,950. Эти независимые результаты гораздо лучше согласуются другъ съ другомъ, чѣмъ съ прежде полученнымъ результатомъ Бесселя (8″,578) или результатомъ Энке (8″,58), выведеннымъ изъ прохожденій Венеры въ 1761 и 1769, и хотя каждый изъ нихъ отдѣльно внушаетъ менѣе довѣрія, однако ихъ близкое согласіе дѣлаетъ ихъ средній результатъ (8″,943) равнымъ по вѣроятности съ результатомъ Бесселя. Далѣе было найдено, что если считать данную Фуко величину скорости свѣта вѣрною и вычислить изъ нея обратно разстояніе солнца, то солнечный параллаксъ получится 8″,960, что близко подходитъ къ указанному выше среднему результату. Это дальнѣйшее соотвѣтствіе независимыхъ результатовъ сильно наклонило вѣсы вѣроятности противъ результатовъ изъ прохожденія Венеры и сдѣлало желательнымъ новую переработку наблюденій сдѣланныхъ по этому случаю. Стоне, пересмотрѣвши эти наблюденія [1]), нашелъ, что при вычисленіяхъ были сдѣланы большія упущенія, такъ что если поправить вычисленія, то параллаксъ оказывается въ 8″,91, количество до такой степени сравнительно близкое къ другимъ результатамъ, что астрономы не колеблясь уменьшили цифру средняго разстоянія солнца съ 95,274,000 до 91,771,000 англ. миль, хотя это измѣненіе требовало соотвѣтствующей поправки въ предполагаемыхъ величинахъ и разстояніяхъ большей части небесныхъ тѣлъ. Въ настоящее время (1875) солнечный параллаксъ принимается около 8″,878, число выведенное изъ опытовъ Корню надъ скоростью свѣта. Этотъ результатъ весьма близко согласуется съ 8″,879, числомъ полученнымъ изъ новыхъ наблюденій прохожденія Венеры французскими наблюдателями и съ 8″,873, результатомъ наблюденій Галле надъ планетой Флора. Когда всѣ наблюденія послѣдняго прохожденія Венеры будутъ вполнѣ разработаны, тогда вѣроятно разстояніе солнца станетъ намъ извѣстнымъ съ точностью не менѣе одной тысячной, если даже не десятитысячной [2]).

---

[1]) Monthly Notices of the Royal Astronomical Soc., v. XXVIII, p. 264.

[2]) Было бы нелѣпо и при будущемъ прохожденіи въ 1882 дѣлать снова тѣ расточительные расходы, какіе были произведены въ 1874. Общая сумма истра-

Въ этомъ вопросѣ теоретическія отношенія между скоростью свѣта, постоянной величиной аберраціи, параллаксомъ солнца и среднимъ разстояніемъ солнца имѣютъ самый простой характеръ и едва ли могутъ подлежать какому нибудь сомнѣнію, такъ что возможно только единственное сомнѣніе относительно того, какой результатъ наблюденія самый надежный. Найдено, что главное разногласіе происходило отъ ошибокъ при разработкѣ наблюденій; но вмѣстѣ съ тѣмъ этотъ случай представляетъ удовлетворительный примѣръ пользы различныхъ методовъ опредѣленія, такъ какъ это можетъ повести къ открытію серьозной ошибки. Не удивительно ли въ самомъ дѣлѣ, что произведенное Фуко измѣреніе скорости свѣта проходящаго разстояніе въ нѣсколько ярдовъ повело къ измѣненію нашихъ опредѣленій разныхъ величинъ во всей вселенной?

Выборъ наилучшаго способа измѣренія.

Послѣ того какъ мы овладѣли какимъ нибудь вопросомъ физической науки, составивши теорію предмета, намъ предстоитъ еще сдѣлать выборъ какого нибудь метода измѣренія, который бы могъ дать намъ наиболѣе точные результаты. Если мы можемъ измѣрить весьма точно одно основное количество, то это даетъ намъ возможность точно опредѣлить по теоріи многіе другіе количественные результаты. Такъ если мы опредѣлили удовлетворительно атомные вѣса извѣстныхъ элементовъ, то намъ нѣтъ надобности опредѣлять съ одинаковою точностью составъ и атомные вѣса ихъ многихъ соединеній. Узнавши относительные атомные вѣса кислорода и сѣры, мы можемъ вычислять составъ по вѣсу многихъ окисловъ сѣры. Поэтому химики выбираютъ съ большою тщательностью такое соединеніе двухъ элементовъ, которое допускаетъ самый точный анализъ, такъ чтобы получилось точное отношеніе между ихъ атомными вѣсами. Очевидно, что намъ нужно только отношеніе атомнаго вѣса каждаго элемента къ вѣсу какого нибудь обыкновеннаго элемента, чтобы вычислить отношеніе между атомными вѣсами всѣхъ элементовъ. Кромѣ того атомные вѣса находятся въ простомъ отношеніи къ другимъ количественнымъ фактамъ. Вѣса равныхъ объемовъ элементарныхъ газовъ при одинаковой температурѣ и давленіи находятся въ такомъ же отношеніи, какъ атомные вѣса; но такъ какъ при этихъ обстоятельствахъ азотъ вѣситъ 14,06 разъ больше

ченная въ 1874 различными правительствами и частными лицами едва ли можетъ быть менѣе 200,000 фунтовъ стерлинговъ, которые при благоразумномъ распредѣленіи на научныя изслѣдованія дали бы сотни важныхъ результатовъ.

чѣмъ водородъ, то мы можемъ умозаключить, что атомный вѣсъ азота составляетъ около 14,06 или вѣроятнѣе 14,00, принимая вѣсъ водорода за единицу. Кромѣ того есть много основаній въ пользу того, что теплоемкости элементовъ обратно пропорціальны ихъ атомнымъ вѣсамъ, такъ что эти два класса количественныхъ данныхъ взаимно проливаютъ свѣтъ другъ на друга. Дѣйствительно атомный вѣсъ, атомный объемъ и атомная теплоемкость элемента представляютъ количества столь тѣсно связанныя между собою, что опредѣленіе одного изъ нихъ ведетъ къ опредѣленію другихъ. Химику предстоитъ разрѣшеніе весьма сложной проблемы при рѣшеніи относительно каждаго изъ 60 или 70 элементовъ, какой способъ опредѣленія самый точный. Новая химія представляетъ намъ почти безконечно обширную ткань числовыхъ отношеній, развитыхъ изъ немногихъ фундаментальныхъ отношеній.

Въ гигрометріи намъ представляется на выборъ по крайней мѣрѣ четыре способа измѣренія количества водяного пара содержащагося въ данномъ объемѣ воздуха. Мы можемъ извлечь паръ посредствомъ поглощенія его сѣрной кислотой и прямо взвѣсить его; мы можемъ помѣстить воздухъ въ барометрическую трубку и наблюдать, до какой степени поглощеніе пара измѣняетъ упругость воздуха; мы можемъ наблюдать точку росы воздуха, т. е. температуру, при которой происходитъ насыщеніе паромъ; или наконецъ мы можемъ употреблять сухой и влажный шарикъ термометра и наблюдать температуру испаряющейся поверхности. Результаты каждаго способа могутъ быть связаны по теоріи съ результатами другихъ способовъ и мы можемъ выбрать для каждаго эксперимента тотъ способъ, который наиболѣе точенъ или наиболѣе удаченъ. Химическій методъ прямаго измѣренія допускаетъ величайшую точность, но онъ очень хлопотливъ; сухой и влажный шарикъ термометра достаточно точенъ для метеорологическихъ цѣлей и употребленіе его не представляетъ никакихъ трудностей.

Согласіе между различными способами измѣренія.

Можно привести много случаевъ, когда оказывалось согласіе между результатами совершенно различныхъ методовъ употребленныхъ для измѣренія какого нибудь физическаго количества. Такое согласіе должно считаться, за отсутствіемъ доказательствъ противнаго, самымъ лучшимъ доказательствомъ приблизительной вѣрности средняго результата; однако бывали случаи показывающіе, что мы не должны жалѣть никакихъ трудовъ и хлопотъ для новаго подтвержденія результатовъ большой важности. Когда три или даже болѣе отдѣльныхъ метода давали близко совпадающія числа, то новый методъ иногда открывалъ разногласія, которыя и до сихъ поръ необъяснимы.

Эллиптичность земли извѣстна съ значительнымъ приближеніемъ къ достовѣрности, потому что она была опредѣлена тремя независимыми путями. Самый прямой способъ есть измѣреніе длинныхъ дугъ простирающихся отъ сѣвера къ югу по земной поверхности посредствомъ тригонометрическихъ съемокъ и затѣмъ сравненіе длины этихъ дугъ съ ихъ кривизною опредѣленною наблюденіями надъ высотою извѣстныхъ звѣздъ въ конечныхъ пунктахъ. Наиболѣе вѣроятная эллиптичность земли выведенная изъ всѣхъ измѣреній этого рода была опредѣлена Бесселемъ въ $^1/_{300}$, хотя послѣдующія измѣренія дали нѣсколько иную величину. Уклоненіе отъ шарообразной формы производитъ небольшое измѣненіе въ силѣ тяжести на различныхъ частяхъ земной поверхности, такъ что точныя наблюденія надъ маятникомъ представили данныя для независимаго опредѣленія эллиптичности, которая такимъ образомъ оказалась $^1/_{320}$. Затѣмъ, сфероидальный выступъ существующій на землѣ по экватору производитъ извѣстное неравенство въ движеніи луны, какъ это показано Лапласомъ; и изъ величины этого неравенства, данной наблюденіями, Лапласъ могъ вычислить обратно величину его причины. Такимъ образомъ онъ умозаключилъ, что эллиптичность составляетъ $^1/_{305}$, что лежитъ между двумя числами полученными прежде и онъ считалъ его самымъ удовлетворительнымъ опредѣленіемъ. Въ этомъ случаѣ согласіе не разстроено послѣдующими результатами, такъ что мы обязаны признать результатъ Лапласа какъ въ высшей степени вѣроятный.

Средняя плотность земли есть постоянная высокой важности, потому что она необходима для опредѣленія массъ всѣхъ другихъ небесныхъ тѣлъ. Поэтому астрономы и физики употребили много труда для точнаго опредѣленія этой постоянной. Методъ опредѣленія состоитъ въ томъ, чтобы сравнить тяготѣніе земнаго шара съ тяготѣніемъ какого нибудь другаго тѣла, масса котораго извѣстна въ терминахъ принятой единицы массы. Можно взять разныя массы матеріи за тѣло служащее промежуточнымъ терминомъ сравненія, гору, часть земной коры или тяжелый металлическій шаръ. Методъ опыта также измѣняется, смотря по тому, возьмемъ ли мы то или другое тѣло, такъ что можно сказать, что мы имѣемъ три независимыхъ способа для полученія желаемаго результата.

Взаимное тяготѣніе двухъ шаровъ такъ крайне мало сравнительно съ ихъ тяготѣніемъ къ громадной массѣ земли, что оно почти незамѣтно, и хотя Ньютонъ и утверждалъ его существованіе на теоретическихъ основаніяхъ, однако оно оставалось недоказаннымъ экспериментально до конца XVIII вѣка. Мичель прикрѣпилъ два небольшихъ шара къ оконечностямъ чувствительно подвѣшенныхъ крутительныхъ вѣсовъ и затѣмъ поднося попеременно тяжелые свинцовые шары къ этимъ малымъ шарамъ то съ одной, то съ другой стороны, онъ могъ замѣтить небольшое уклоненіе крутительныхъ вѣсовъ. Онъ такимъ образомъ представилъ новое доказательство теоріи тяготѣнія. Кавендишъ повторилъ опытъ съ большею тщательностью и опредѣлилъ тяготѣніе шаровъ, разсматривая крутительные вѣсы какъ маятникъ; и затѣмъ принимая во вниманіе разстояніе шаровъ другъ отъ друга и отъ центра земли, онъ вычислилъ, что вѣроятная средняя плотность земли составляетъ 5,48 (или, по вычисленіямъ Бейли, 5,448). Такъ подтвердилась остроумная догадка Ньютона, что плотность земли въ пять или шесть разъ больше плотности воды. Тотъ же самый опытъ, повторенный Рейхомъ, далъ 5,438. Бейли, еще разъ повторивши опытъ со всевозможными тонкостями, получилъ нѣсколько большее число 5,660.

Другой методъ состоялъ въ томъ, чтобы опредѣлить, насколько масса горы отклоняетъ отвѣсъ отъ вертикальной линіи; потому что если есть возможность опредѣлить размѣры и среднюю плотность горы, тогда уклоненіе отвѣса даетъ средство сравнить ея массу съ массой всей земли. Для эксперимента была избрана гора Шегалинъ и наблюденія и вычисленія произведенныя Маскеллиномъ, Гуттономъ и Плейферомъ дали какъ наиболѣе вѣроятный результатъ 4,713. Разница съ указанными выше экспериментальными результатами значительна и важна, потому что инструментальныя операціи въ опытахъ Кавендиша и Бейли имѣли совершенно различный характеръ. Такое же опредѣленіе по притяженію холма Артурсъ Ситъ, сдѣланное Джемсомъ, дало 5,14.

Третій методъ состоитъ въ опредѣленіи силы тяжести въ точкахъ удаленныхъ отъ земной поверхности, на вершинахъ горъ или въ глубокихъ рудникахъ. Карлини экспериментировалъ съ маятникомъ подлѣ монастырской гостиницы на Монъ Сени, на высотѣ 6375 футовъ надъ уровнемъ моря и, сравнивая притягательную силу земли и Альпъ, нашелъ, что плотность земли еще меньше, именно 4,39 или какъ поправилъ Джіуліо 4,950. Наконецъ королевскій астрономъ въ двухъ случаяхъ принялъ противоположный методъ наблюденія маятника на днѣ глубокой шахты, такъ чтобы сравнить плотность пройденныхъ ею пластовъ съ плотностью всей земли. Въ другомъ случаѣ онъ примѣнилъ свой методъ въ Гартонскомъ каменноугольномъ рудникѣ, на глубинѣ 1260 футовъ; въ этомъ тщательно произведенномъ рядѣ наблюденій было сдѣлано все, что было необходимо для точнаго измѣренія и въ виду устраненія всѣхъ возможныхъ причинъ погрѣшностей ¹). Навѣрное Эйри былъ очень

---

¹) Phil. Trans. 1856, v. CXLVI. p. 342.

изумленъ, когда нашелъ, что его новый результатъ значительно превосходитъ результаты полученные всѣми другими способами, именно 6,556, или 6,623, какъ было окончательно поправлено. Этотъ случай представляетъ поучительный урокъ относительно повторенія опредѣленія посредствомъ различныхъ методовъ, состоящій въ томъ, что мы не должны слишкомъ полагаться на результаты, которые представляютъ извѣстную степень совпаденія.

Въ 1844 Гершель замѣтилъ въ своемъ мемуарѣ о Францискѣ Бейли ¹), «что средній удѣльный вѣсъ нашей планеты, судя по всей человѣческой вѣроятности, опредѣленъ почти также точно, какъ удѣльный вѣсъ обыкновеннаго образчика въ минералогическомъ кабинетѣ,—удивительный результатъ, который учитъ насъ не отчаяваться ни въ чемъ, что доступно числу, вѣсу и мѣрѣ». Но въ тоже самое время онъ показалъ, что окончательный результатъ Бейли, вѣроятная ошибка котораго составляла только 0,0032, было самымъ большимъ изъ всѣхъ извѣстныхъ тогда опредѣленій; однако изслѣдованія Эйри дали послѣ того еще большій результатъ, далеко выходящій за предѣлы вѣроятной ошибки всякаго изъ предыдущихъ экспериментовъ. Если мы признаемъ за всѣми опредѣленіями равное значеніе, то простое среднее изъ нихъ будетъ около 5,45, средняя ошибка около 0,5 и вѣроятная ошибка почти 0,2, такъ что съ этой точки зрѣнія вѣроятно, что истина лежитъ между 5,65 и 5,25. Но замѣчательно, что два ряда самыхъ новыхъ и тщательныхъ наблюденій Бейли и Эйри ²) лежатъ дальше этихъ границъ и такъ какъ опредѣленіе стало больше, когда опыты производились тщательнѣе, то слѣдуетъ повидимому отвергнуть прежніе результаты и считать вопросъ требующимъ дальнѣйшаго изслѣдованія. Физики часто берутъ $5^2/_3$ или 5,67 какъ наиболѣе приближающееся къ истинѣ; но очевидно, что непремѣнно нужны новые опыты. Я думаю, что часть большихъ суммъ, которыя были истрачены многими правительствами и частными лицами на экспедиціи для наблюденія прохожденія Венеры въ 1874 г. и которыя вѣроятно еще будутъ истрачены въ 1882 г., лучше было бы употребить на новыя опредѣленія плотности земли. Желательно было бы повторить опытъ Бейли въ пустомъ пространствѣ и съ большими механическими тонкостями, которыя даетъ въ распоряженіе экспериментатора прогрессъ послѣднихъ сорока лѣтъ. Такъ же было бы желательно снова произвести опыты Эйри съ маятникомъ въ какой нибудь другой глубокой шахтѣ. Слѣдовало бы также повторить на какой нибудь подходящей горѣ наблюденія сдѣланныя на Шегаллинѣ. Всѣ эти операціи можно было бы про-

---

¹) Monthly Notices of the Royal Astronom. Soc. 8 Nov. 1844, № X. VI. p. 89.

²) Phil. Mag. 2 ser., v. XXVI. p. 61.

извести взамѣнъ одной изъ излишнихъ экспедицій для наблюденій прохожденія.

Вслѣдствіе установленія динамической теоріи теплоты получило чрезвычайную важность точное опредѣленіе механическаго эквивалента теплоты или количества энергіи, которое должно выдѣлиться или поглотиться при опредѣленномъ измѣненіи температуры происшедшемъ въ опредѣленномъ количествѣ вещества принятаго за образецъ, напр. воды. Было испробовано не менѣе семи почти совершенно различныхъ способовъ для опредѣленія этой постоянной. Джоуль первый опредѣлилъ посредствомъ тренія воды, что для того, чтобы повысить температуру одного килограма воды на одинъ градусъ Ц., мы должны употребить энергію достаточную для того, чтобы поднять 424 килограма на высоту одного метра въ направленіи противоположномъ дѣйствію силы тяжести на земной поверхности. Джоуль, Майеръ, Клаузіусъ [1]), и другіе экспериментаторы дѣлали опредѣленія менѣе прямыми методами. Опыты надъ механическими свойствами газовъ дали 426 килограмометровъ; работа производимая паровой машиной даетъ 413; также получено было нѣсколько опредѣленій на основаніи теплоты развивающейся въ электрическихъ экспериментахъ; такъ изъ индуцированныхъ электрическихъ токовъ мы получаемъ 452, изъ электромагнитной машины 443; изъ тока баттареи 420, и изъ электрическаго тока самый меньшій результатъ, именно 400 [2]).

Если принять въ соображеніе различіе и во многихъ случаяхъ трудность методовъ наблюденія, то эти результаты представляютъ удовлетворительное согласіе и ихъ среднее (423,9) весьма близко подходитъ къ числу полученному Джоулемъ посредствомъ повидимому самого точнаго метода. Постоянная всѣми признаваемая какъ наиболѣе вѣроятный результатъ есть 423,55 килограмометровъ.

Остаточныя явленія.

Даже и въ томъ случаѣ, когда экспериментальныя данныя употребляемыя для повѣрки теоріи достаточно точны и сама теорія основательна, всетаки могутъ существовать разногласія требующія дальнѣйшаго изслѣдованія. Гершель показалъ важность такихъ остающихся количествъ и назвалъ ихъ *остаточными* явленіями [3]). Если наблюденія и теорія дѣйствительно вѣрны, то такія разногласія объясняются неполнотою нашего знанія относительно дѣйствующихъ причинъ и дальнѣйшее объясненіе должно состоять въ показаніи того, что здѣсь дѣйствуетъ или

---

[1]) Клаузіусъ, Phil. Mag., 4 ser., v. II, p. 119.

[2]) Уаттсъ, Dictionary of Chemistry, v. III, p. 129.

[3]) Preliminary Discourse, § 158, 174. Outlines of Astronomy, 4 ed. § 856.

1) Какой нибудь агентъ извѣстной природы, но присутствіе котораго не подозрѣвается; или

2) Какой нибудь новый агентъ неизвѣстной природы.

Въ первомъ случаѣ едва ли можно сказать, что мы сдѣлаемъ новое открытіе, потому что нашъ окончательный успѣхъ состоитъ просто въ соглашеніи теоріи съ извѣстными фактами, когда наше изслѣдованіе стало болѣе обширнымъ. Но во второмъ случаѣ мы встрѣчаемся съ совершенно новымъ фактомъ который можетъ повести насъ къ новому открытію. Возьмемъ примѣръ приводимый Гершелемъ. Теорія Ньютона и Галлея о кометахъ состояла въ томъ, что это были тяготѣющія тѣла обращающіяся вокругъ солнца по эллиптическимъ орбитамъ, и возвращеніе Галлеевой кометы въ 1758 подтвердило эту теорію. Но когда сдѣланы были точныя наблюденія надъ кометою Энке, то оказалось, что это подтвержденіе было не точно. Комета Энке каждый разъ возвращалась нѣсколько раньше чѣмъ слѣдовало и періодъ ея обращенія правильно уменьшался съ 1212,79 дней между 1786 и 1789 до 1210,44 между 1855 и 1858, и была придумана гипотеза, что существуетъ сопротивляющаяся среда наполняющая пространство, по которому движется комета. Эта гипотеза есть настоящій deus ex machina для объясненія этого изолированнаго явленія и не можетъ имѣть большой вѣроятности, если только не будетъ доказано, что и другія явленія можно вывести изъ нея. Многіе отожествляютъ эту среду съ тою, въ которой совершаются свѣтовыя волны; но мнѣ неизвѣстно, чтобы было что нибудь въ волнообразной теоріи свѣта показывающее, что эта среда можетъ представлять сопротивленіе движущемуся тѣлу. Если Бальфуръ Стьюартъ можетъ доказать, что вращающійся дискъ испытываетъ сопротивленіе въ безвоздушномъ пространствѣ, тогда это будетъ экспериментальный фактъ, который прямо подтвердитъ гипотезу. Но въ то же время остается открытымъ вопросъ, не могутъ ли здѣсь принимать участія другіе извѣстные агенты, напр. электричество, и я пытался доказать, что если хвостъ кометы, какъ это думаютъ, есть электрическое явленіе, то необходимымъ результатомъ сохраненія энергіи должно быть то, что комета теряетъ энергію и эта потеря должна обнаруживаться уменьшеніемъ ея средняго разстоянія отъ солнца и ея періода обращенія [1]). Къ этому нужно прибавить, что если теорія Тета, какъ это кажется весьма вѣроятнымъ, вѣрна и кометы дѣйствительно состоятъ изъ множества небольшихъ метеоровъ, тогда не трудно объяснить замедленіе ихъ движенія. Уже давно было извѣстно, что группа небольшихъ тѣлъ движущихся вмѣстѣ по орбитѣ вокругъ центральнаго тѣла стремится падать къ нему. Во всякомъ случаѣ это остаточное явленіе вѣроятно можетъ быть соглашено съ извѣстными законами природы.

---

[1]) Proceed. of the Manch. Liter. and Phil. Soc., 28 Nov., 1871, v. XI, p. 33. Послѣ того какъ были написанны находящіяся въ текстѣ замѣчанія, Баль-

Въ другихъ случаяхъ остаточныя явленія вызывали важныя умозаключенія еще непризнанныя доселѣ. Ньютонъ показалъ, какимъ образомъ можетъ быть вычислена на основаніи теоріи волнообразныхъ движеній скорость звука въ атмосферѣ изъ наблюденной упругости и плотности воздуха. Онъ вывелъ заключеніе, что скорость звука при обыкновенномъ состояніи атмосферы у земной поверхности составляетъ 968 футовъ въ секунду, и грубые эксперименты произведенные имъ въ помѣщеніяхъ Trinity College показывали, что это число недалеко отъ истины. Впослѣдствіи другіе экспериментаторы показали, что скорость звука составляла около 1142 футовъ и разница, составлявшая около одной шестой части цѣлаго, была слишкомъ велика, чтобы приписать ее случайнымъ ошибкамъ въ числовыхъ данныхъ. Ньютонъ пытался объяснить эту разницу гипотезой о реакціяхъ частицъ воздуха, но безуспѣшно.

Новыя изслѣдованія производившіяся время отъ дремени надъ скоростью звука путемъ прямыхъ опытовъ и вычисленій показали, что оба результата Ньютона, т. е. теоретическая скорость въ 916 футовъ въ секунду и дѣйствительная скорость около 1090 футовъ были неточны. Тѣмъ не менѣе разногласіе

фуръ Стьюартъ обратилъ мое вниманіе на его мемуаръ въ Proceed. of the Manch. Lit. and Phil. Soc., 15 Nov. 1870, v. X, p. 32, въ которомъ онъ показываетъ, что тѣло движущееся въ ящикѣ съ однобразной температурой вѣроятно испытываетъ сопротивленіе независимо отъ присутствія вѣсомой среды, напр. газа, между движущимся тѣломъ и стѣнками ящика. Это доказательство основывается на теоріи разсѣянія энергіи, и этотъ взглядъ, говорятъ, раздѣляется Томсономъ и Тетомъ. Ящикъ употребляется Стьюартомъ въ этомъ случаѣ просто какъ средство для полученія доказательства, совершенно такъ же какъ онъ употреблялъ его въ одномъ изъ прежнихъ случаевъ для полученія доказательства извѣстныхъ послѣдствій теоріи обмѣновъ. Онъ того мнѣнія, что въ обоихъ этихъ случаяхъ, когда уже получено доказательство, ящикъ уже не нуженъ. Мы знаемъ напр., что отношеніе между индуктивною и поглощающею способностями тѣлъ—хотя оно можетъ быть доказано при помощи ящика,—не зависитъ однако отъ его присутствія и Стьюартъ думаетъ, что подобнымъ же образомъ различное движеніе двухъ тѣлъ или по крайней мѣрѣ двухъ тѣлъ обладающихъ такою теплотою какъ солнце и земля и движущихся одно относительно другаго должно замедляться, пока окончательно не прекратится.

оставалось и имѣло серьезное значеніе, и только въ 1816 г. Лапласъ показалъ, что оно происходило отъ теплоты развивавшейся отъ внезапнаго сжатія воздуха при прохожденіи волны, и эта-то теплота имѣла слѣдствіемъ увеличеніе упругости воздуха и ускореніе волнъ. Въ настоящее время узнано, что это разноглсіе имѣетъ связь съ ученьемъ объ эквивалентности между теплотой и энергіей, и оно было примѣнено Майеромъ по крайней мѣрѣ теоречески къ опредѣленію механическаго эквивалента теплоты. Полученное такимъ образомъ опредѣленіе удовлетворительно согласуется съ прямыми опредѣленіями Джоуля и другихъ физиковъ, такъ что объясненіе остаточнаго явленія, указаннаго устроуміемъ Ньютона, можно считать теперь полнымъ, и оно составляетъ важную часть термодинамики.

Какъ замѣтилъ Гершель, почти всѣ великія астрономическія открытія возникли въ формѣ остаточныхъ разногласій. Во всѣхъ хорошо устроенныхъ обсерваторіяхъ принято сравнивать положенія небесныхъ тѣлъ, какъ они дѣйствительно наблюдаются, съ тѣмъ, чего можно было бы ожидать теоретически. Это было введено Галлеемъ, когда онъ былъ королевскимъ астрономомъ, и его сводъ лунныхъ наблюденій далъ рядъ остаточныхъ погрѣшностей отъ 1722 до 1739, посредствомъ изслѣдованія которыхъ была исправлена теорія луны. Подобнымъ же образомъ были открыты многія важныя астрономическія варіаціи происходящія отъ нутаціи, аберраціи, планетныхъ возмущеній. Предвареніе равноденствій было вѣроятно самое раннее открытіе остаточной разницы; а систематическое уклоненіе Урана отъ вычисленныхъ теоретически положеній было однимъ изъ самыхъ позднѣйшихъ и повело къ замѣчательному открытію Нептуна. Къ остаточнымъ явленіямъ мы можемъ также причислить всѣ такъ называемыя *собственныя движенія* звѣздъ. Полные каталоги звѣздъ, каковъ напр. каталогъ Британской Ассоціаціи, указываютъ большее или меньшее количество собственнаго движенія почти каждой звѣзды, выражающагося видимой разницей въ положеніи звѣзды сравнительно съ самыми ранними и позднѣйшими удовлетворительными наблюденіями. Но эти видимыя движенія, какъ объяснилъ Бейли[1]), авторъ каталога, часто объясняются погрѣшностями наблюденія и счисленія. Во многихъ случаяхъ самые лучшіе астрономическіе авторитеты несогласны между собою относительно самаго направленія предполагаемаго собственнаго движенія звѣздъ и относительно величины этого движенія, напр. для α полярной звѣзды даны были самыя различныя опредѣленія. Часто остаточныя явленія бываютъ столь малы, что самое существованіе ихъ сомнительно. Только постепенный прогрессъ теоріи и измѣренія можетъ ясно показать, можно ли объяснить разницу ошибками наблюденія или приписать ее какому нибудь новому явленію. Но всего необходимѣе для прогресса науки тщательное констатированіе и изслѣдованіе такихъ разногласій. Ни въ одной отрасли естествознанія мы не можемъ освободиться отъ исключеній и особнякомъ стоящихъ фактовъ, которыхъ не можетъ объяснить наше знаніе. Между такими аномаліями мы должны искать указаній на существованіе новыхъ фактовъ достойныхъ открытія. Они подобны тѣмъ плававшимъ по океану вѣткамъ и другимъ вещамъ, которыя привели Колумба къ догадкѣ о существованіи Новаго Свѣта.

---

[1]) British Association Catalogue of Stars, p. 49.

ГЛАВА XXVI.

КАЧЕСТВА ЭКСПЕРИМЕНТАТОРА.

Въ настоящее время многіе склоняются къ тому убѣжденію, что теперь важность геніальныхъ индивидуумовъ становится меньше чѣмъ прежде. Предполагается, что общество приняло теперь столь развитую форму, что то, что въ прежнія времена дѣлалось единичными усиліями великаго ума, теперь можетъ быть сдѣлано соединенными трудами арміи изслѣдователей. Подобно тому, какъ искусно организованная сила новой арміи превосходитъ единичную личную храбрость средневѣковыхъ рыцарей, и нынѣшняя комбинація умственнаго труда превосходитъ, какъ думаютъ, геній Архимеда, Ньютона или Лапласа. Такъ называемыя самостоятельныя изслѣдованія считаются въ настоящее время профессіей, которой посвящаютъ себя сотни людей и къ которой приготовляютъ себя особой системой воспитанія. Все, что намъ нужно для увеличенія суммы нашего знанія о природѣ,—это устраивать огромныя лабораторіи, музеи и обсерваторіи и назначать денежныя награды тѣмъ, которые найдутъ новыя химическія соединенія, откроютъ новые виды или новыя кометы. Конечно не таковы настоящія мысли и цѣли тѣхъ знаменитыхъ людей, которые совѣтуютъ правительству давать средства для естественнонаучныхъ изслѣдованій. Ихъ мысль такова, что чѣмъ больше денежная и матеріальная помощь оказываемая ученымъ людямъ, тѣмъ больше будутъ результаты, какихъ можно ожидать отъ полезнаго генія страны. Деньги и удобства для занятій также мало могутъ произвести генія, какъ солнечный свѣтъ и влага могутъ зародить живыхъ существъ; въ обоихъ случаяхъ недостаетъ необъяснимаго зародыша. Но какъ при существованіи зародыша растеніе будетъ рости болѣе или менѣе роскошно, смотря по обстоятельствамъ, которыя его окружаютъ, такъ можно думать, что и денежная помощь можетъ благопріятствовать развитію ума. Но общественное мнѣніе не дѣлаетъ такого различія и способно истолковать агитацію въ пользу денежныхъ пособій наукѣ въ томъ смыслѣ, что науку можно купить за деньги.

Всѣ такія понятія ошибочны. Ни въ одной отрасли человѣческой дѣятельности, ни въ политикѣ, военномъ дѣлѣ, литературѣ, промышленности, ни въ наукѣ вліяніе генія не стало менѣе значительнымъ, чѣмъ оно было прежде. Дѣйствительно расширеніе и организація научныхъ занятій при помощи печатнаго станка и ускоренныхъ средствъ сообщенія увеличили быстроту, съ которою новыя открытія распространяются и разрабатываются въ подробностяхъ многими головами и руками. Едва только Дарвинъ высказалъ свои оригинальныя идеи объ эволюціи живыхъ существъ, какъ эти идеи стали разбираться и примѣняться натуралистами во всѣхъ частяхъ свѣта. Въ прежнія времена его открытія скрывались бы десятки лѣтъ въ нѣсколькихъ манускриптахъ и прошли бы цѣлыя поколѣнія, прежде чѣмъ его теорія вызвала бы такую массу критикъ и подтвержденій, какую мы видимъ уже теперь. Результатъ этого тотъ, что геній Дарвина теперь не только не менѣе, но даже болѣе цѣненъ, чѣмъ онъ былъ бы прежде. Развитіе военной науки и организація громадныхъ армій ни мало не уменьшили значенія искуснаго генерала; напротивъ солдаты теперь болѣе чѣмъ когда нибудь нуждаются въ руководствѣ далеко видящаго ума. Быстрое разрушеніе французскихъ военныхъ силъ нельзя объяснить ни однимъ только совершенствомъ германской арміи, ни геніемъ Мольтке, оно было произведено комбинаціей дисциплинированнаго множества съ руководителемъ обладавшимъ высокими способностями. Такъ точно и въ каждой отрасли человѣческой дѣятельности вліяніе отдѣльныхъ личностей не ослабѣло, а напротивъ увеличивается съ расширеніемъ матеріальныхъ рессурсовъ находящихся въ ихъ распоряженіи.

Обращаясь къ нашему предмету, мы должны сказать, что чрезвычайно интересно размышлять о тѣхъ качествахъ ума, которыя сильно двигаютъ впередъ естествознаніе. И однакоже геній всего менѣе поддается научному анализу и объясненію. Далѣе объ опредѣленіи его не можетъ быть рѣчи. Бюффонъ сказалъ, что «геній есть терпѣніе», и конечно терпѣніе есть одно изъ необходимыхъ составляющихъ его качествъ. Но нельзя же думать, чтобы одно только терпѣливое трудолюбіе непремѣнно приводило къ тѣмъ очевиднымъ результатамъ, которые мы приписываемъ генію. Во всѣхъ отрасляхъ науки, литературы, искуства или промышленности есть тысячи мужчинъ и женщинъ, которые трудятся съ неослабнымъ терпѣніемъ, и всетаки достигаютъ только умѣренныхъ успѣховъ; и было бы нелѣпо предполагать, что одинаковые количества умственнаго труда даютъ одинаковые результаты. Ньютонъ можетъ скромно приписывать свои открытія прилежанію и терпѣливой мысли, но есть основаніе думать, что геній не сознаетъ и не можетъ объяснить своихъ характеристическихъ способностей. Такъ какъ ~~какъ~~ геній обладаетъ главнымъ образомъ творческою способностью и уклоняется отъ обыкновенныхъ торныхъ дорогъ въ мысли и дѣятельности, то онъ необходимо долженъ быть феноменомъ стоящимъ выше естественныхъ законовъ. Тѣмъ не менѣе всегда интересно и поучительно прослѣдить, насколько возможно, характеристическія особенности умовъ, которыя дѣлали великія открытія, и въ этомъ анализѣ мы найдемъ многое для разъясненія принциповъ научнаго метода.

Ошибка беконовскаго метода.

Сотни изслѣдователей могутъ постоянно заниматься экспериментами; они могутъ составлять многочисленные мемуары полные научныхъ фактовъ и безконечныя таблицы числовыхъ результатовъ; но если взгляды на индукцію изложенные въ этомъ сочиненіи вѣрны, то такіе изслѣдователи однимъ этимъ путемъ никогда не дойдутъ до новыхъ и великихъ открытій. Посредствомъ систематическаго изслѣдованія они могутъ вывести дедуктивно подробности прежняго открытія; но найти новый принципъ природы—это совсѣмъ другое дѣло. Ф. Беконъ распространилъ мнѣніе, что для того чтобы подвинуть науку впередъ, мы должны начать съ накопленія фактовъ и затѣмъ выводить изъ нихъ путемъ индукціи послѣдовательные законы представляющіе все высшую и высшую общность. Протестуя противъ ложнаго метода схоластиковъ-логиковъ, онъ преувеличилъ отчасти вѣрный философскій методъ и довелъ его до того, что онъ сдѣлался столь же ложнымъ, какъ и предшествовавшій ему методъ. По его понятіямъ научный методъ былъ чѣмъ то вродѣ научной бухгалтеріи. Нужно собирать факты безразлично изъ всякихъ источниковъ и вносить ихъ въ главную книгу, изъ которой со временемъ выйдетъ балансъ истины. Трудно вообразить менѣе ненадежный путь для достиженія великихъ открытій. Чѣмъ больше масса фактовъ, тѣмъ меньше вѣроятности, чтобы они при какой нибудь рутинной системѣ классификаціи раскрыли заключающіеся въ нихъ законы природы. Объ исчерпывающей классификаціи во всевозможныхъ порядкахъ не можетъ быть и рѣчи, потому что практически возможное число порядковъ безконечно.

Только взору философскаго ума факты открываютъ свой смыслъ и только передъ нимъ располагаются въ логическомъ порядкѣ. Поэтому философъ естествоиспытатель прежде всего долженъ имѣть умъ крайне воспріимчивый, такъ чтобы его поражало малѣйшее исключительное явленіе. Его ассоціирующія и отожествляющія способности должны быть велики, т. е. чтобы каждый странный фактъ напоминалъ ему что нибудь въ сущности сходное съ тѣмъ, что ему случалось наблюдать прежде. Его воображеніе должно быть дѣятельно и представлять ему множество отношеній, въ которыхъ необъясненные факты могутъ находиться другъ съ другомъ или съ болѣе общими фактами. Затѣмъ онъ долженъ употребить въ дѣло сильныя способности дедуктивнаго умозаключенія, чтобы имѣть возможность вывести заключеніе относительно того, что должно послѣдовать при каждомъ предполагаемомъ условіи. Наконецъ, и это важнѣе всего, онъ долженъ быть одушевленъ любовью къ достовѣрности, которая побуждаетъ его старательно и совершенно добросовѣстно сравнивать его умозрѣнія съ повѣрочнымъ фактомъ и опытомъ.

Свобода теоризированія.

Было бы однако ошибочно предполагать, что великій открыватель сразу же схватываетъ истину или имѣетъ какой нибудь безошибочный методъ угадывать ее. По всей вѣроятности число ошибокъ великихъ умовъ превосходитъ число ошибокъ умовъ менѣе сильныхъ. Плодовитость воображенія и чутье истины составляютъ первыя условія необходимыя для открытія; но ошибочныя догадки подсказываемыя этимъ путемъ встрѣчаются несравненно чаще, чѣмъ догадки оказывающіяся основательными. Самыя слабыя аналогіи, самыя химерическія понятія и самыя повидимому нелѣпыя теоріи бродятъ въ переполненной головѣ и изъ всего этого мы узнаемъ впослѣдствіи не больше какъ только объ одной сотой части. Въ дѣйствительности нѣтъ ничего нелѣпаго кромѣ того, что оказывается противорѣчащимъ логикѣ и опыту. Самыя вѣрныя теоріи заключаютъ въ себѣ немыслимыя предположенія, и дѣйствительно нельзя положить границъ свободѣ составленія гипотезъ.

Кеплеръ представляетъ въ этомъ отношеніи удивительный примѣръ. Ни одинъ изъ второстепенныхъ законовъ природы не установленъ столь прочно, какъ тѣ законы, которые онъ открылъ относительно орбитъ и движеній планетныхъ массъ, и на этихъ эмпирическихъ законахъ основывается теорія тяготѣнія. Если бы мы не знали изъ его собственныхъ сочиненій о множествѣ ошибокъ, въ которыя онъ впадалъ, то могли бы вообразить, что онъ имѣлъ какую нибудь спеціальную способность угадывать истину. Но, какъ это извѣстно, онъ имѣлъ множество самыхъ химерическихъ понятій; его любимая и долго его занимавшая теорія основана была на фантастической аналогіи между планетными орбитами и правильными твердыми тѣлами. Его знаменитые законы были выводомъ изъ умозрѣній всей его жизни, по большей части вздорныхъ и неосновательныхъ. Мы знаемъ это потому, что онъ съ страннымъ удовольствіемъ останавливался на ошибочныхъ и вздорныхъ рядахъ умозаключеній, которые другими обыкновенно предаются забвенію. Но имени Кеплера суждено остаться безсмертнымъ за то терпѣніе, съ которымъ онъ занимался сравненіемъ своихъ гипотезъ съ наблюденіемъ, за ту добросовѣстную искренность, съ которою онъ признавался въ своей неудачѣ и за то упорство и остроуміе, съ которыми онъ возобновлялъ свои нападенія на загадки природы.

Послѣ Кеплера еще Фаредей представляетъ намъ примѣръ философа-естествоиспытателя, который даетъ намъ возможность проникнуть въ процессъ открытія тѣмъ, что сообщаетъ намъ какъ о своихъ удачныхъ, такъ и объ ошибочныхъ умозрѣніяхъ. Но сообщенныя имъ умозрѣнія составляютъ вѣроятно только десятую часть тѣхъ фантазій, которыя возникали въ его дѣятельномъ мозгу. Какъ говоритъ самъ Фаредей, «публика мало знаетъ о томъ, какъ много мыслей и теорій возникавшихъ въ умѣ научнаго изслѣдователя рухнуло въ молчаніи и секретѣ, вслѣдствіе его собственной строгой критики и направленнаго противъ нихъ изслѣдованія; что въ самыхъ успѣшныхъ случаяхъ осуществлялась едва десятая часть догадокъ, надеждъ, желаній и предварительныхъ заключеній».

Тѣмъ не менѣе въ изслѣдованіяхъ Фаредея, напечатанныхъ въ Philosophical Transactions, въ небольшихъ мемуарахъ, въ рукописныхъ замѣткахъ и въ другихъ матеріалахъ опубликованныхъ въ его интересной біографіи, написанной Б. Джонсомъ, мы находимъ драгоцѣнные уроки для экспериментатора. Эти писанія наполнены умствованіями, о которыхъ мы не должны судить по тому свѣту который бросаютъ на нихъ послѣдующія открытія. Можно сказать, что Фаредей отдавалъ въ печать свои идеи въ сыромъ видѣ, которыя всякій другъ посовѣтовалъ бы ему хранить про себя. По временамъ въ понятіяхъ обнаруживалась дикость и неопредѣленность, которая для менѣе тщательнаго экспериментатора была бы фатальна при его попыткахъ достигнуть истины. Это особенно видно въ его мемуарѣ о вибраціяхъ луча; но къ счастію Фаредей самъ сознавалъ химерическій характеръ своихъ умствованій и выразилъ это словами, которыя должны быть приведены здѣсь. «Я увѣренъ, говоритъ онъ, что я надѣлалъ много ошибокъ на предыдущихъ страницахъ, потому что мнѣ самому мои идеи объ этомъ предметѣ кажутся только тѣнью умозрѣнія или однимъ изъ тѣхъ впечатлѣній на умъ, которыя дозволительны только на время какъ руководство для мышленія и изслѣдованія. Тотъ, кто трудится надъ экспериментальными изслѣдованіями, знаетъ, какъ они многочисленны и какъ часто ихъ кажущаяся годность и изящество исчезаютъ передъ прогрессомъ и развитіемъ дѣйствительно естественной истины» [1]). Если поэтому экспериментаторъ не имѣетъ царскаго пути къ открытію истины, то интересно посмотрѣть, какими логическими пріемами онъ достигаетъ истины.

Если я вѣрно понимаю логическій методъ, то въ дѣйствительности нѣтъ особаго самостоятельнаго процесса индукціи. Чрезвычайно мала вѣроятность того, чтобы собраніе сложныхъ фактовъ само расположилось такимъ образомъ, чтобы при этомъ прямо видны были управляющіе имъ законы. Если математикъ можетъ ожидать, что его функція интегрируется сама собою посредствомъ балотировальнаго ящика, тогда и экспериментаторъ можетъ разчитывать, что онъ получитъ глубокія истины посредствомъ пробъ наудачу. Всякая индукція есть только обратное примѣненіе дедукціи, и только по необъяснимому дѣйствію богатоодареннаго ума множество разнородныхъ фактовъ располагается въ ясномъ порядкѣ, представляющемъ результатъ какого нибудь однообразно дѣйствующаго закона. Однако качества ума требующіяся въ разныхъ отрасляхъ науки до такой степени различны, что было бы нелѣпо пытаться дать исчерпывающее описаніе качествъ ума, которыя приводятъ къ открытіямъ. Работы Ньютона могли быть сдѣланы только человѣкомъ обладающимъ математическою геніальностью; но съ другой стороны Фаредей сдѣлалъ обширныя прибавленія къ суммѣ человѣческаго знанія, хотя его математическія знанія ограничивались только обыкновенной ариѳметикой. Я не встрѣчалъ въ сочиненіяхъ Фаредея ни одной алгебраической формулы или сколько нибудь сложной математической задачи. Однако же Клеркъ Максуэль въ предисловіи къ его новому Treatise on Electricity очень рекомендуетъ чтеніе изслѣдованій Фаредея всѣмъ занимающимся наукой и высказалъ такое мнѣніе, что хотя Фаредей рѣдко или никогда не употреблялъ математическихъ формулъ, однако его методы и планы въ сущности были математическими. Я протестовалъ противъ преобладающей наклонности смѣшивать математическую науку съ точной наукой [2]), однако и я думаю, что эксперименты Фаредея большою частью имѣли количественный характеръ, и что его математическія идеи имѣли самый элементарный характеръ. Конечно онъ едва ли могъ бы изслѣдовать такой предметъ, какъ магнито-кристаллическое дѣйствіе безъ знакомства съ геометрическими отношеніями представлявшими нѣкоторую сложность. Тѣмъ не менѣе я думаю, что ему недоставало математической дедуктивной способности, которую такъ сильно развиваетъ новая система математическаго воспитанія въ Кембриджѣ.

---

[1]) Experimental Researches in Chemistry and Physics, p. 372. Phil. Mag., 3 ser., May 1846, v. XXVIII. p. 350.

[2]) Theory of Political Economy, p. 3—14.

Фаредей былъ знакомъ съ формами его знаменитыхъ линій силы, но мнѣ неизвѣстно, чтобы онъ когда нибудь занимался аналитическими свойствами этихъ кривыхъ и я увѣренъ, что онъ не могъ бы объяснить ихъ формъ зависѣвшихъ отъ равнодѣйствующихъ притяженія всѣхъ магнитныхъ частичекъ. Встрѣчаются даже случайныя указанія на то, что онъ не понималъ нѣкоторыхъ изъ самыхъ простыхъ математическихъ доктринъ новой физики. Хотя онъ ясно предвидѣлъ соотношеніе между физическими силами и такъ сказать собственными руками много потрудился надъ тѣмъ, чтобы связать тяжесть съ другими силами, однако сомнительно, понималъ ли онъ ученіе о сохраненіи энергіи въ примѣненіи его къ тяготѣнію. По искусству въ экспериментированіи Фаредей могъ равняться съ Ньютономъ, также какъ и по тому особенному роду дедуктивной способности, который приводитъ къ изобрѣтенію простыхъ количественныхъ опытовъ; но нужно сознаться, что у него мало было той математической способности, которая дала Ньютону возможность выводить съ удивительною легкостью и непосредственнымъ представленіемъ количественные результаты сложной проблемы. Два примѣра, Ньютонъ и Фаредей, достаточны для того, чтобы показать, что столь различнаго склада умы могутъ найти для себя подходящія области изслѣдованія. Тѣмъ не менѣе есть извѣстныя черты, которыя мы можемъ найти во всѣхъ высокихъ научныхъ умахъ.

Ньютоновскій методъ—настоящій „органъ“ [1]).

Лапласъ былъ того мнѣнія, что Principia и *Оптика* Ньютона представляютъ самые лучшіе по тогдашнему времени образцы тонкаго искуства экспериментальнаго и теоретическаго изслѣдованія. Въ нихъ, какъ онъ говоритъ, мы встрѣчаемъ самые лучшіе разъясняющіе примѣры того, какимъ образомъ отъ ряда индукцій мы можемъ возвыситься до причинъ явленій и затѣмъ опять нисходить ко всѣмъ вытекающимъ изъ нихъ результатамъ.

Общераспространенное мнѣніе объ открытіяхъ Ньютона таково. Въ раннемъ возрастѣ вслѣдствіе свирѣпствовавшей моровой язвы онъ удалился въ деревню и здѣсь однажды случайно упавшее яблоко подало ему мысль о существованіи тяготѣнія; воспользовавшись этимъ указаніемъ, онъ пришелъ къ открытію закона тяготѣнія, объясненіе котораго и составляютъ Principia. Трудно вообразить болѣе смѣшную и несообразную картину трудовъ Ньютона. Относительно открытія закона обратной пропорціональности квадрату разстояній, столь тѣсно связаннаго съ именемъ Ньютона, самъ онъ не изъявляетъ притязаній ни на оригинальность этого открытія ни даже на первенство въ немъ. Въ очень извѣстномъ примѣчаніи [1]) онъ признаетъ, что Христофоръ Вренъ, Гукъ и Галлей нѣсколько разъ замѣчали согласіе третьяго Кеплеровскаго закона движенія съ принципомъ обратной квадратной пропорціональности.

---

[1]) Этимъ словомъ указывается на противоположность Ньютоновскаго метода методу Бекона, изложенному въ извѣстномъ сочиненіи послѣдняго *Новый органъ* (Novum organum). *Прим. перев.*

Дѣйствительно дѣло Ньютона состояло въ томъ, что онъ развилъ методы дедуктивнаго умозаключенія и опытнаго подтвержденія, помощью которыхъ только и можно испытывать великія гипотезы на пробномъ камнѣ факта. Архимедъ былъ величайшимъ изъ древнихъ естествоиспытателей, такъ какъ онъ показалъ, какимъ образомъ математическую теорію можно сочетать съ физическими экспериментами; и его сочиненія были первымъ настоящимъ Organum. Ньютонъ есть новый Архимедъ и Principia составляютъ настоящій Novum organum научнаго метода. Законы установленные Ньютономъ велики, но еще болѣе великъ показанный имъ примѣръ способа установленія ихъ. За исключеніемъ химіи и электро-физики едвали найдется хоть одна прогрессивная отрасль физическихъ и математическихъ наукъ, которая не возникла бы изъ зародышей истиннаго научнаго метода, который онъ представилъ въ Principia и *Оптикѣ*. Пораженные успѣхомъ его теоріи всеобщаго тяготѣнія, мы бываемъ склонны забывать, что своей теоріей звука онъ положилъ начало математическому изслѣдованію волнъ и взаимнаго дѣйствія частицъ; что въ своей теоріи истеченія свѣта, какъ она ни была ошибочна, онъ первый отважился примѣнить математическія вычисленія къ молекулярнымъ притяженіямъ и отталкиваніямъ; что въ своихъ опытахъ съ призмой онъ показалъ, до какой степени можно довести опытную повѣрку; что въ его изслѣдованіяхъ о цвѣтныхъ кольцахъ называемыхъ по его имени мы видимъ самый замѣчательный примѣръ мелкаго измѣренія, за одно практическое примѣненіе котораго сдѣланное Физо Королевское Общество сочло его заслуживающимъ награды медалью. Мы узнаемъ только постепенно, до какой степени были полны его научныя познанія; его нѣсколько словъ въ третьемъ законѣ движенія свидѣтельствуютъ объ его знакомствѣ съ основными принципами новой термодинамики и сохраненія энергіи, между тѣмъ какъ рукописи, на которыя долго не обращали вниманія, доказываютъ, что въ своихъ изслѣдованіяхъ объ атмосферной рефракціи онъ преодолѣлъ главныя трудности примѣненія теоріи къ одной изъ самыхъ сложныхъ физическихъ проблемъ.

Такимъ образомъ только изслѣдуя то, какъ онъ сдѣлалъ открытія, мы можемъ надлежащимъ образомъ оцѣнить его открытія. Principia трактуютъ не столько о тяжести, сколько о силахъ вообще и о методахъ умозаключенія объ нихъ. Онъ изслѣдуетъ не одну только гипотезу, но механическія теоріи вообще. Ничто такъ сильно не поражаетъ читателей его сочиненія, какъ его исчерпывающее обсужденіе и несомнѣнная сила его всеобъемлющаго знанія. Трактуя о центральныхъ силахъ, онъ обсуждаетъ не одинъ законъ силы, но многіе, или почти всѣ воображаемые законы, результаты каждаго изъ которыхъ онъ очерчиваетъ немногими выразительными словами. Если онъ говоритъ о сопротивляющейся средѣ, то это не вода или воздухъ, но сопротивляющіяся среды вообще. Мы имѣемъ прекрасный примѣръ этого метода въ примѣчанія къ 22 предложенію II книги, въ которомъ онъ бѣгло обозрѣваетъ многія предположенія относительно законовъ сжимающихъ силъ, которыя можно представить дѣйствующими въ атмосферѣ газа, выводитъ слѣдствія изъ каждаго случая и наконецъ выбираетъ ту одну гипотезу, которая даетъ результаты согласные съ опытами надъ давленіемъ и плотностью земной атмосферы.

---

[1]) Principia, кн. I. пол. IV.

Ньютонъ говоритъ, что онъ не выдумывалъ гипотезъ, но въ дѣйствительности большая часть Principia чисто гипотетична, представляя безконечное разнообразіе причинъ и законовъ, не имѣющихъ соотвѣтствія въ природѣ. Въ сравненіи съ ними были не болѣе фантастичны самыя странныя гипотезы Кеплера или Декарта. Но Ньютонъ въ совершенствѣ понималъ логическій методъ; онъ занимался гипотезой только тогда, когда она была опредѣленна по своимъ условіямъ и допускала безспорное дедуктивное умозаключеніе; и достоинство каждой гипотезы рѣшительно опредѣлялось сличеніемъ ея результатовъ съ фактами. Я не имѣю ни малѣйшаго сомнѣнія въ томъ, что общій ходъ его метода былъ тожественъ съ тѣмъ взглядомъ на индукцію какъ на обратное примѣненіе дедукціи, который я провожу въ этой книгѣ. Беконъ утверждалъ, что наука должна основываться на опытѣ, но онъ ошибался на счетъ настоящаго способа употребленія опытовъ и, пытаясь примѣнить къ дѣлу свой методъ, потерпѣлъ комическую неудачу. Ньютонъ также основываетъ свой методъ на опытѣ, но онъ уловилъ надлежащій способъ пользоваться имъ и примѣнилъ его къ дѣлу съ никогда невиданнымъ успѣхомъ. Это большая ошибка думать, что новая наука есть результалъ Беконовской философіи; напротивъ Ньютоновская философія и Ньютоновскій методъ повели ко всѣмъ великимъ тріумфамъ естествознанія, и я повторяю, что Principia составляютъ настоящій Novum Organum.

Повѣряя свои теоріи рѣшительными опытами, Ньютонъ вообще обнаружилъ необыкновенное искуство и остроуміе. Въ его рукахъ нѣсколько простыхъ аппаратовъ давали результаты, содержавшіе въ себѣ неожиданный глубокій смыслъ. Самымъ изящнымъ экспериментальнымъ изслѣдованіемъ его было то, въ которомъ онъ доказалъ различную преломляемость свѣтовыхъ лучей. Было бы ошибочно предполагать, что онъ первый открылъ способность призмы разлагать лучъ бѣлаго свѣта, такъ какъ онъ самъ говоритъ, что онъ досталъ стеклянную призму, чтобы посмотрѣть «знаменитыя явленія цвѣтовъ». Но ему несомнѣнно мы обязаны теоріей, что бѣлый свѣтъ есть смѣсь лучей различной преломляемости и что свѣта различные по цвѣту различны и по преломляемости. Другіе могли бы составить такую теорію; дѣйствительно всякій считавшій преломленіе количественнымъ дѣйствіемъ долженъ былъ видѣть, что различныя части спектра претерпѣваютъ преломленіе различной величины. Но сила Ньютона обнаружилась въ той настойчивости, съ которою онъ выводилъ изъ своей теоріи всѣ послѣдствія и каждый результатъ провѣрялъ простымъ и рѣшительнымъ опытомъ. Онъ первый показалъ, что различныхъ цвѣтовъ пятна перемѣщаются на различную величину, если смотрѣть на нихъ сквозь призму, и что ихъ изображенія сходятся въ фокусъ на различныхъ разстояніяхъ отъ чечевицы, какъ это и должно было быть, если преломляемость ихъ различна. Исключивши посредствомъ многихъ опытовъ множество безразличныхъ обстоятельствъ, онъ остановилъ вниманіе на вопросѣ, смѣшаны ли и безпорядочно перепутаны лучи всевозможнымъ образомъ, какъ предполагалъ Гримальди, или же существуетъ постоянное отношеніе между цвѣтомъ и преломленіемъ.

Если Гримальди былъ правъ, то можно было ожидать, что какая нибудь часть спектра, взятая отдѣльно и подвергнутая дальнѣйшему преломленію, снова разложится и произведетъ какой нибудь новый спектръ. Ньютонъ же изъ своей теоріи выводилъ заключеніе, что каждый отдѣльный лучъ спектра имѣетъ постоянную преломляемость, такъ что вторая призма просто только отклонитъ его болѣе или менѣе, но не разсѣетъ его въ значительной степени. Задерживая большую часть лучей спектра посредствомъ экрана и заставляя остальной небольшой лучъ падать на другую призму, онъ доказалъ истину своего заключенія; и затѣмъ немного поворачивая первую призму, такъ чтобы измѣнился цвѣтъ луча падающаго на вторую, онъ нашолъ, что свѣтлое пятно образуемое дважды преломленнымъ лучомъ переходитъ вверхъ и внизъ, — очевидное доказательство, что величина преломленія бываетъ различна для лучей разнаго цвѣта. Для еще большаго убѣжденія, онъ иногда преломлялъ свѣтъ три или четыре раза и нашолъ, что онъ можетъ быть преломленъ вверхъ, внизъ или въ сторону, но что для каждаго цвѣта существуетъ опредѣленная величина преломленія каждою призмою. Онъ завершилъ свое доказательство тѣмъ, что показалъ, что разложенные лучи можно снова соединить въ бѣлый свѣтъ, посредствомъ обратной призмы, такъ что преломленія, сколько бы ихъ ни было, не измѣняютъ характера свѣта. Такое заключеніе послужило объясненіемъ смутности изображеній при употребленіи обыкновенной чечевицы; онъ показалъ, что для однороднаго свѣта есть одинъ особый фокусъ, а для смѣшаннаго неопредѣленное число фокусовъ, которые мѣшаютъ полученію яснаго изображенія въ какомъ нибудь пунктѣ.

Всего болѣе поражаетъ читателя *Оптики* настойчивость, съ которою Ньютонъ выводитъ слѣдствія предположенной теоріи и каждое понятіе испытываетъ удивительнымъ разнообразіемъ простыхъ сравненій съ фактомъ. Легкость, съ какою онъ придумываетъ новыя комбинаціи и предвидитъ результаты впослѣдствіи подтверждающіеся, производитъ непоколебимое убѣжденіе въ читателѣ, что онъ обладаетъ истиной. И несомнѣнно, что именно теорія привела его къ опытамъ, изъ которыхъ многіе едвали могли быть придуманы случайно. Ньютонъ дѣйствительно замѣчаетъ, что онъ при помощи математическаго опредѣленія всѣхъ родовъ цвѣтныхъ явленій, которыя могутъ быть произведены преломленіемъ, «изобрѣлъ» почти всѣ опыты заключающіеся въ его книгѣ и онъ обѣщаетъ, что и другіе, которые будутъ «вѣрно аргументировать» и тщательно повторять опыты, увидятъ подтвержденіе результатовъ[1]).

Философскій методъ Гюйгенса совершенно такой же, какъ и Ньютона и изслѣдованія Гюйгенса о двойномъ лучепреломленіи представляютъ почти столь же извѣстные примѣры теоріи руководящей опытомъ. Насколько извѣстно, двойное лучепреломленіе было открыто случайно и было описано Эразмомъ Бартолиномъ въ 1669. Явленіе казалось тогда совершенно исключительнымъ и законы управляющіе двумя путями преломленныхъ лучей были такъ неясны и сложны, что Ньютонъ совсѣмъ не понялъ этого явленія, и только въ концѣ прошлаго столѣтія ученые люди начали понимать его законы.

Тѣмъ не менѣе Гюйгенсъ съ рѣдкою геніальностью составилъ вѣрную теорію еще въ 1678. Онъ считалъ свѣтъ волнообразнымъ движеніемъ неизвѣстной среды и въ своемъ *Трактатѣ о Свѣтѣ* показалъ, что при обыкновенномъ преломленіи скорость распространенія волны одинакова во всѣхъ направленіяхъ, такъ что передняя сторона волны бываетъ сферическая и проходитъ равныя разстоянія въ равныя времена. Но въ кристаллахъ, какъ онъ предполагалъ, среда имѣетъ неодинаковую упругость въ разныхъ направленіяхъ, такъ что возмущенія ея распространяются на не равныя пространства въ равныя времена и получается волна сфероидальной формы. Но Гюйгенсъ не довольствовался непровѣренной теоріей. Онъ вычислилъ, чтó должно случиться, если кристаллъ известковаго шпата разрѣзывать въ разныхъ направленіяхъ и говоритъ: «Я изслѣдовалъ подробно свойства необыкновеннаго преломленія этого кристалла, чтобы увидать, дѣйствительно ли каждое явленіе выводимое изъ теоріи согласуется съ тѣмъ, что дѣйствительно наблюдается. И если это такъ, то это не малое доказательство истины нашихъ предположеній и принциповъ; но то, что я еще прибавлю здѣсь, подтверждаетъ ихъ еще болѣе удивительно, именно: различные способы разрѣзыванія этого кристалла даютъ плоскости, которыя производятъ преломленіе совершенно такъ, какъ это должно было быть и какъ это я предвидѣлъ согласно напередъ составленной теоріи».

---

[1]) Optiks, кн. I. ч. II. пол. 3. 3 изд. с. 115.

Ошибочная Ньютоновская теорія истеченія свѣта сдѣлала то, что теоріи и опыты Гюйгенса оставались въ забвеніи болѣе чѣмъ цѣлое столѣтіе; но трудно себѣ вообразить болѣе изящное и удачное примѣненіе истиннаго метода индуктивнаго изслѣдованія, причемъ теорія руководитъ опытомъ и однакоже вполнѣ полагается на опытъ для своего подтвержденія.

Искренность и мужество философскаго ума.

Полнѣйшая готовность отвергнуть теорію несообразную съ фактомъ есть первое качество требуемое отъ философскаго ума. Но было бы ошибочно думать, что эта искренность имѣетъ что нибудь общее съ измѣнчивостью; напротивъ готовность отказаться отъ ложной теоріи можетъ совмѣщаться съ особеннымъ упорствомъ и мужествомъ въ отстаиваніи теоріи до тѣхъ поръ, пока не станетъ явною ея ложность. Не должно быть только предубѣжденій и пристрастій, извращающихъ умъ и заставляющихъ его не обращать вниманія на неблагопріятные результаты опыта. Но должна быть та скрупулезная честность и подвижность ума, которая даетъ надлежащую цѣну всякому доказательству; дѣйствительно, чѣмъ больше у кого любви къ теоріи, тѣмъ пристальнѣе онъ долженъ всматриваться въ ея недостатки. Въ обыкновенной жизни не рѣдко можно встрѣтить теоретика, который долго обдумывая одну какую нибудь теорію, допустилъ ее овладѣть своимъ умомъ, такъ что онъ уже неспособенъ принимать ничего другаго кромѣ подтвержденій истины его теоріи. Узкій и напряженный ходъ мысли иногда можетъ повести къ великимъ результатамъ; но за то ложная теорія принятая прежде всего такимъ умомъ остается въ немъ неизгладимою. Человѣкъ поглощенный одною какою нибудь идеею имѣетъ только одинъ шансъ истины. Напротивъ плодотворный открыватель дѣлаетъ выборъ между многими теоріями и никогда не привязывается ни къ одной изъ нихъ, прежде чѣмъ безпристрастное и неоднократное сравненіе не убѣдитъ его въ ея состоятельности. Онъ не выбираетъ съ тѣмъ, чтобы потомъ сравнивать, но сравниваетъ время отъ времени и затѣмъ выбираетъ.

Сдѣлавши однажды обдуманный выборъ, естествоиспытатель можетъ уже съ полнымъ правомъ оставаться непоколебимо вѣрнымъ своей теоріи. Онъ не пренебрегаетъ никакимъ возраженіемъ; потому что для него всегда есть шансъ встрѣтить фатальное возраженіе; но онъ однако будетъ постоянно имѣть въ виду незначительность силъ человѣческаго ума сравнительно съ предстоящимъ ему дѣломъ. Онъ увидитъ, что ни одну теорію нельзя сразу же примирить со всѣми возраженіями, потому что можетъ быть много мѣшающихъ причинъ и самыя послѣдствія теоріи могутъ имѣть сложность, которой не въ состояніи исчерпать изслѣдованія нѣсколькихъ поколѣній. Если поэтому теорія представляетъ нѣсколько поразительныхъ совпаденій съ фактомъ, то ее не нужно отвергать до тѣхъ поръ, пока не будетъ доказано по крайней мѣрѣ одно рѣшительное разногласіе, причемъ однако нужно имѣть въ виду и возможную ошибку при установленіи этого разногласія. Въ наукѣ и философіи тоже иногда нуженъ рискъ. Тотъ, кто падаетъ духомъ при малѣйшей трудности, никогда не установитъ новой истины и было очень философски со стороны Лесли замѣтить относительно своихъ собственныхъ изслѣдованій о природѣ теплоты: «Въ ходѣ изслѣдованія я видѣлъ себя принужденнымъ отказываться отъ нѣкоторыхъ напередъ составленныхъ понятій; но я не отказывался отъ нихъ поспѣшно и никогда не отступалъ отъ своего поста иначе какъ послѣ горячей и упорной обороны» [1].

Жизнь Фаредея также представляетъ самые интересные примѣры этой стойкости философскаго ума. Хотя онъ чистосердечно отказывался отъ нѣкоторыхъ теорій, однако были и такія теоріи, которыхъ онъ упорно придерживался. Одно изъ его любимыхъ понятій дало въ результатѣ блестящее открытіе; другое же остается сомнительнымъ и до сихъ поръ.

Философскій характеръ Фаредея.

Въ изслѣдованіяхъ Фаредея о связи между магнетизмомъ и свѣтомъ мы находимъ великолѣпный примѣръ настойчивости, съ какою можетъ быть отстаиваема любимая теорія, до тѣхъ поръ пока результаты эксперимента не опровергнутъ прямо напередъ составленныхъ понятій. Въ чисто количественныхъ вопросахъ, какъ мы видѣли, отсутствіе замѣтнаго дѣйствія рѣдко можетъ считаться доказательствомъ дѣйствительнаго отсутствія всякаго дѣйствія. Фаредей былъ убѣжденъ, что между магнетизмомъ и свѣтомъ должны существовать какія нибудь взаимныя отношенія. Еще въ 1822 г. онъ пытался произвести какое нибудь дѣйствіе на лучъ поляризованнаго свѣта, заставляя его проходить, черезъ воду находящуюся между полюсами вольтовой батареи; но онъ принужденъ былъ констатировать, что не замѣчено было ни малѣйшаго дѣйствія. Разсказываютъ [1]), что въ теченіи многихъ лѣтъ этотъ предметъ снова и снова представлялся его уму и никакая неудача не могла отклонить его отъ изслѣдованій объ этомъ неизвѣстномъ отношеніи. Только въ 1845 году онъ имѣлъ первый успѣхъ; 30 августа онъ началъ работать съ обыкновеннымъ электричествомъ, напрасно пробуя стекло, кварцъ, исландскій шпатъ и проч. Нѣсколько дней труда не дали никакого результата; однако онъ не оставлялъ своего дѣла. Тяжелое стекло, прозрачная среда съ большою преломляющею способностью, составленная изъ борнокислаго свинца, были перепробованы въ этотъ разъ, и въ то время, когда они находились между полюсами сильнаго электро-магнита, черезъ нихъ пропускался лучъ поляризованнаго свѣта. Когда полюсы электро-магнита находились въ извѣстныхъ положеніяхъ относительно изслѣдуемаго вещества, тогда не было замѣтно никакого дѣйствія; но наконецъ Фарадею пришло въ голову расположить кусокъ тяжелаго стекла такъ, чтобы противоположные магнитные полюсы находились на одной и той же сторонѣ, и дѣйствіе обнаружилось. Оказалось, что стекло имѣетъ способность вращать плоскость поляризаціи луча свѣта. Всѣ извѣстныя намъ мысли Фаредея объ этомъ предметѣ представляютъ большой интересъ. Онъ приписываетъ свой успѣхъ тому мнѣнію ставшему для него почти убѣжденіемъ, что различныя формы, въ которыхъ обнаруживаются силы матеріи, имѣютъ одно общее происхожденіе и они находятся между собою въ такихъ прямыхъ отношеніяхъ и въ такой взаимной зависимости, что могутъ быть превращены одна въ другую. «Это твердое убѣжденіе, говоритъ онъ [2]), было распространено на силу свѣта и повело ко многимъ опытамъ имѣвшимъ цѣлью открытіе прямаго отношенія между свѣтомъ и электричествомъ. Эти не дававшіе результата опыты не могли поколебать моего твердаго убѣжденія и наконецъ мои труды увѣнчались успѣхомъ». Онъ описываетъ явленіе фигуральнымъ языкомъ какъ *магнетизацію свѣтоваго луча*, или какъ *освѣщеніе магнитной кривой или линіи силы*. Едва только онъ получилъ дѣйствіе въ одномъ случаѣ, какъ тотчасъ же съ свойственнымъ ему стремленіемъ къ расширенію изслѣдованій началъ искать подобныхъ же явленій во всѣхъ подходящихъ веществахъ. Онъ нашелъ, что этою способностью обладаютъ не только стекло, но и другія твердыя и жидкія тѣла, кислоты и щелочи, масла, вода, алкоголь, эфиръ; но ему не удалось открыть ея существованія ни въ одномъ газообразномъ веществѣ. Его мысли затѣмъ неудержимо стали слагаться въ курьезныя умствованія относительно возможныхъ результатовъ этой способности въ извѣстныхъ случаяхъ. «Какое дѣйствіе, говоритъ онъ, производитъ эта сила въ землѣ, гдѣ магнитныя кривыя земли проходятъ черезъ вещество ея? Также какое дѣйствіе она имѣетъ на магнитъ?» И затѣмъ онъ приходитъ къ странной мысли, что можетъ быть эта сила стремится сдѣлать желѣзо и окись желѣза прозрачными. Едва ли можно найти что нибудь болѣе поучительное для уясненія тѣхъ пріемовъ ума, посредствомъ которыхъ дѣлаются великія открытія, чѣмъ эти свѣдѣнія о терпѣливыхъ трудахъ Фаредея и объ его разнообразныхъ успѣхахъ и неудачахъ. Не менѣе интересны и достойны изученія его безуспѣшные эксперименты объ отношеніи между тяжестью и электричествомъ.

---

[1] Experimental Inquiry into the Nature of Heat. Preface, p. XV.

---

[1]) Б. Джонсъ, Life of Faraday, v. I. p. 362.

[2]) Ibid. v. II. p. 199.

Въ теченіи долгаго времени Фаредей былъ занятъ идеей, что тяжесть должна имѣть связь съ другими силами природы. Отъ 19 марта 1849 г. онъ писалъ въ своей лабораторой книгѣ: «Тяжесть. Эта сила должна имѣть какое нибудь опредѣлимое опытомъ отношеніе къ электричеству, магнетизму и другимъ силамъ, такъ что ее можно связать съ ними отошеніемъ взаимности и эквивалентности дѣйствія» [1]). Онъ наполнилъ болѣе двадцати параграфовъ размышленіями и соображеніями относительно способа разработки этого предмета экспериментально. Онъ уже напередъ думалъ, что взаимное приближеніе двухъ тѣлъ должно развивать въ нихъ экектричества, что тѣло падающее черезъ катушку съ проводящей проволокой должно возбуждать въ ней токъ, измѣняющійся въ направленіи, когда движеніе будетъ обратно. «Все это мечты, замѣчаетъ онъ; однако нужно изслѣдовать это нѣсколькими опытами. Нѣтъ ничего столь удивительнаго, чтобы оно не могло быть истиннымъ, если только оно сообразно съ законами природы; и въ такихъ вещахъ какъ эти опытъ есть самая лучщая проба такой сообразности».

Онъ произвелъ много трудныхъ и скучныхъ опытовъ, которые описаны въ 24 серіи Experimental Researches. Результата не было никакого; однако онъ приходитъ къ такому заключенію: «Этимъ и оканчиваются на этотъ разъ мои пробы. Результаты получились отрицательные; но они не поколебали моего твердаго убѣжденія въ существованіи отношенія между тяжестью и электричествомъ, хотя они и не дали доказательства того, что такое отношеніе существуетъ».

---

[1]) См. такъ же его болѣе опредѣленное положеніе въ Experimental Researches in Electricity, 24 ser., § 2702, v. III, p. 161.

Онъ возвратился къ этому предмету по прошествіи 10 лѣтъ и въ 1858—9 г. было записано нѣсколько замѣчательныхъ размышленій и опытовъ. Онъ былъ пораженъ тѣмъ фактомъ, что электричество есть въ сущности *двойственная сила* и Фаредей всегда былъ убѣжденъ, что ни одно тѣло не можетъ стать наэлектризованнымъ положительно безъ того, чтобы какое нибудь друго тѣло не наэлектризовалось отрицательно; нѣкоторыя изъ его изслѣдованій были просто развитіемъ этого отношенія. Но замѣчая, что между двумя взаимно притягивающимися тѣлами нѣтъ никакого видимаго обстоятельства, по которому можно было бы опредѣлить, какое изъ нихъ положительное и какое отрицательное, онъ не колеблется подвергнуть сомнѣнію свое прежнее убѣжденіе. «Эволюція *одного* электричества была бы новою и весьма замѣчательною вещью. Эта идея набрасываетъ сомнѣніе на все; но все-таки нужно попробовать; какъ знать, что можетъ получиться въ опытахъ съ тяжестью?» Мы можемъ указать здѣсь только на то чистосердечіе, съ какимъ онъ признаетъ въ своей лабораторной книгѣ сомнительность всего дѣла и однакоже увлекаемый издалека манящей надеждой собирается придумывать эксперименты въ противоположность всему его опытному знанію о ходѣ природы. На время его мысли приняли такое направленіе, какъ будто бы странное открытіе уже было сдѣлано и оставалось только прослѣдить его слѣдствія во всей вселенной. «Ободримъ себя нѣсколько большимъ полетомъ воображенія опредѣляющаго экспериментъ», говоритъ онъ, и затѣмъ размышляетъ о безконечности дѣйствій въ природѣ, въ которыхъ могутъ участвовать взаимныя отношенія между электричествомъ и тяжестью, рисуетъ себѣ, какъ планеты и кометы сами заряжаютъ себя, приближаясь къ солнцу; водопады, дождь, поднимающіеся пары, циркулирующіе атмосферные токи, изверженія вулкановъ, дымъ печей — это все у него электрическія машины. Множество явленій и измѣненій въ атмосферѣ повидимому сразу же объясняются подобными дѣйствіями; на мгновеніе его грезы принимаютъ всю живость дѣйствительности. «Я думаю, что мы были тупы и слѣпы, что не подозрѣвали нѣкоторыхъ изъ этихъ результатовъ», и онъ бѣгло набрасываетъ слѣдствія своей великой, но только воображаемой гипотезы: совершенно новый способъ возбужденія теплоты или электричества, совершенно новое отношеніе между силами природы, анализъ тяготѣнія и подтвержденіе сохраненія энергіи.

Таковы были любимыя мечты Фаредея; изъ нихъ онъ могъ бы составить цѣлую книгу и иной естествоиспытатель навѣрное счелъ бы ихъ достаточными для наполненія большой книги. Но воображеніе Фаредея находилось подъ его полнымъ контролемъ; какъ онъ самъ выражается, «дайте волю воображенію, но руководите имъ при помощи разсудка и принципа, сдерживайте и направляйте его опытомъ». Его мечты скоро приняли вполнѣ практическую форму и нѣсколько дней онъ трудился съ неослабѣвающей энергіей на лѣстницѣ королевскаго института, на часовой башнѣ парламента, или на вершинѣ Шотъ-Тоуэра въ Соутваркѣ, поднимая и опуская большія тяжести и комбинируя всевозможнымъ образомъ спирали и проволоки. Часто требовались все его искуство и долговременная опытность въ экспериментированіи, чтобы устранять дѣйствія земнаго магнетизма, и онъ нѣсколько разъ предохранялъ себя отъ принятія ошибочныхъ указаній, которыя другой принялъ бы за рѣшительныя подтвержденія своей теоріи. Когда все было сдѣлано, то не получалось абсолютно никакихъ результатовъ. «Опыты, говоритъ онъ, были произведены хорошо, но результаты получились отрицательные»; и однакоже, прибавляетъ онъ, «я не могу считать ихъ рѣшительными». Въ этомъ положеніи вопросъ остается и до настоящаго времени; можетъ быть дѣйствіе было слишкомъ слабо, чтобы быть замѣченнымъ, или можетъ быть расположеніе опыта было таково, что при немъ не могло обнаружиться искомое отношеніе, подобно тому какъ напр. Эрштедъ не могъ открыть электро-магнетизма, пока его проволока стояла перпендикулярно къ плоскости движенія его стрѣлки. Но эти вопросы уже насъ не касаются. Мы хотѣли только указать на то глубокое убѣжденіе въ единствѣ законовъ природы, на тѣ дѣятельныя способности умозаключенія и воображенія, на ту безграничную свободу теоризированія соединенную прежде всего съ постояннымъ стремленіемъ къ опытной повѣркѣ, которыя обнаружились при этомъ замѣчательномъ изслѣдованіи.

Воздержаніе отъ сужденія.

Есть еще одно качество нужное для философскаго ума, — это воздерживаться отъ сужденія, когда данныя недостаточны. Есть люди съ увѣренностью высказывающіе свое мнѣніе по всякому вопросу, который имъ представляется; но этимъ они обнаруживаютъ не силу, но узкость ума. Для того чтобы увидѣть всѣ стороны сложнаго предмета и правильно взвѣсить всѣ различныя факты и вѣроятности, нужны не совсѣмъ обыкновенныя способности пониманія. Поэтому часто бываетъ, что философскій умъ остается въ сомнѣніи, между тѣмъ какъ невѣжественный умъ тутъ же произноситъ рѣшительное сужденіе. Фаредей въ одной весьма интересной лекціи [1] говоритъ: «часто бываютъ случаи, когда мы должны совершенно воздержаться отъ рѣшительнаго сужденія. Можетъ быть непріятно и очень трудно не сдѣлать заключенія; но такъ какъ мы не непогрѣшимы, то и должны быть осторожны; это можетъ быть при случаѣ выгодно для насъ, потому что человѣкъ находящійся въ этомъ положеніи не такъ далекъ отъ истины какъ тотъ, кто идя по невѣрному направленію, удаляется отъ нея все на большее, и большее разстояніе».

---

[1] Напечатана въ Modern Culture, изданной Юмансомъ.

Какъ замѣтилъ Фаредей, Араго представлялъ собою прекрасный примѣръ этого высокаго качества ума; потому что когда онъ сдѣлалъ свое любопытное открытіе объ отношеніи магнитной стрѣлки къ вращающейся мѣдной пластинкѣ, тогда многіе воображаемые ученые въ различныхъ странахъ немедленно и съ увѣренностью дали свои объясненія его, которыя всѣ были ложны. Но Араго, открывшій это явленіе и лично изслѣдовавшій его условія, воздержался отъ всякой теоріи для объясненія его.

Однакоже не надо думать, что истинно философскій умъ можетъ выносить такое состояніе сомнѣнія, когда представляются шансы рѣшительнаго мнѣнія. Въ наукѣ невозможно что нибудь похожее на компромисъ и истина должна быть одна. Поэтому сомнѣніе есть сознаніе въ невѣжествѣ и соединяется съ непріятнымъ чувствомъ неспособности. Но сомнѣніе лежитъ между ошибкой и истиной, такъ что если мы выбрали что нибудь ложное, то мы больше чѣмъ прежде удалились отъ нашей цѣли.

Если свести все сказанное, то можетъ показаться, какъ будто умъ великаго открывателя долженъ соединять въ себѣ противорѣчащія свойства. Онъ долженъ быть плодовитъ на теоріи и гипотезы, и въ то же время полонъ фактовъ и точныхъ результатовъ опыта. Онъ долженъ руководствоваться самыми слабыми аналогіями и догадками, и въ то же время не придавать имъ никакого значенія, пока они не подтвердятся на опытѣ. Если есть какія нибудь основанія вѣроятности, то онъ долженъ упорно держаться прежнихъ мнѣній, и въ то же время долженъ быть готовъ каждую минуту отказаться отъ нихъ, когда встрѣтится явно противорѣчащій имъ фактъ. «Естествоиспытатель, говоритъ Фаредей, долженъ быть человѣкомъ охотно выслушивающимъ всякое предположеніе, но имѣющій свое собственное сужденіе. Его не должна подкупать наружность; онъ не долженъ имѣть любимыхъ гипотезъ, не долженъ принадлежать къ какой нибудь школѣ и имѣть въ доктринѣ учителя. Онъ долженъ питать уваженіе не къ лицамъ, но къ вещамъ. Истина должна быть его первою цѣлью. Если ко всѣмъ этимъ качествамъ присоединить еще трудолюбіе, то онъ тогда можетъ надѣяться проникнуть въ святилище храма природы».

КНИГА V.

Обобщеніе, аналогія и классификація.

ГЛАВА XXVII.

ОБОБЩЕНІЕ.

Въ предшествующихъ главахъ я старался показать, что всякое индуктивное умозаключеніе есть обратное примѣненіе дедуктивнаго умозаключенія и состоитъ въ показаніи того, что слѣдствія извѣстныхъ предположенныхъ законовъ согласуются съ фактами природы собранными активнымъ и пассивнымъ наблюденіемъ. Основной процессъ умозаключенія, какъ было показано съ самаго же начала, состоитъ въ умозаключеніи объ одной какой нибудь вещи того, что мы знаемъ о другихъ подобныхъ ей вещахъ, и на этомъ принципѣ основано все дедуктивное умозаключеніе какъ чисто логическое, такъ и математически логическое. И всякое индуктивное умозаключеніе должно основываться на этомъ же самомъ принципѣ. Можетъ показаться, что употребляя прямо этотъ принципъ, мы можемъ обойтись безъ сложнаго процесса индукціи и дедукціи и доказывать прямо отъ одного частнаго случая къ другому, какъ предлагалъ Милль. Если земля, Венера, Марсъ, Юпитеръ и другія планеты движутся по эллиптическимъ орбитамъ, то можемъ ли мы обойтись безъ выработанныхъ предосторожностей и утверждать, что Нептунъ, Церера и недавно открытая планета должны двигаться также? Знаемъ-ли мы, что Гладстонъ долженъ умереть, потому что онъ подобенъ другимъ людямъ? Или же мы должны доказывать такъ, что такъ какъ нѣкоторые люди умираютъ, то и онъ долженъ умереть? Нужно ли восходить посредствомъ индукціи къ общему положенію «всѣ люди должны умирать» и затѣмъ посредствомъ дедукіи переходить отъ этого общаго положенія къ частному случаѣ о смерти Гладстона? По моему мнѣнію несомнѣнно, что мы должны восходить къ общимъ положеніямъ. Основной принципъ замѣщенія подобныхъ еще не даетъ намъ несомнѣннаго права утверждать о Гладстонѣ то, что мы знаемъ о другихъ людяхъ, потому что мы не можемъ быть увѣрены въ томъ, что Гладстонъ совершенно подобенъ другимъ людямъ. До самой его смерти мы не можемъ быть вполнѣ увѣрены въ томъ, что онъ обладаетъ всѣми аттрибутами другихъ людей; это вопросъ вѣроятности и я старался объяснить, какимъ образомъ теорія вѣроятности примѣняется къ вычисленію вѣроятности; изъ ряда подобныхъ событій мы можемъ умозаключить о повтореніи такихъ же событій при тожественныхъ обстоятельствахъ. (Поэтому нѣтъ процесса умозаключенія отъ частностей къ частностямъ. Тщательный анализъ условій, при которыхъ кажется возможнымъ такое умозаключеніе, показываетъ, что процессъ на дѣлѣ имѣетъ общій характеръ и что мы умозаключаемъ объ одномъ частномъ случаѣ, то можетъ быть умозаключено обо всѣхъ подобныхъ случаяхъ. Всякое умозаключеніе въ сущности имѣетъ общій характеръ и всякая наука предполагаетъ обобщеніе.) Такое воззрѣніе существовало уже при самомъ рожденіи философіи; «ни одна наука не занимается индивидуумами, а только общностями»,—таково было ученіе Платона, сообщаемое Порфиріемъ. И Аристотель держался подобнаго же мнѣнія: «ни одно искуство не занимается частными случаями; потому что частности безконечны и не могутъ быть познаны» [1]). Кто придерживается того ученія, что возможно умозаключеніе отъ частностей къ частностямъ, тотъ вѣроятно не имѣетъ самыхъ элементарныхъ понятій о томъ, что составляетъ науку и умозаключеніе.

Но въ то же время не подлежитъ сомнѣнію и то, что все то, что мы находимъ вѣрнымъ о многихъ подобныхъ предметахъ, вѣроятно практически будетъ вѣрнымъ о слѣдующемъ подобномъ предметѣ. Къ этому результату приводитъ насъ анализъ обратнаго метода вѣроятностей и за отсутствіемъ точныхъ данныхъ, по которымъ мы могли бы вычислить вѣроятности, мы обыкновенно бываемъ принуждены дѣлать грубое предположеніе, что подобные въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ подобны и въ другихъ отношеніяхъ. Отъ этого и происходитъ, что процессъ умозаключенія употребляемый учеными состоитъ въ открытіи подобій между предметами и затѣмъ въ грубомъ предположеніи, что такія же подобія будутъ открыты и въ другихъ случаяхъ.

---

[1]) *Реторика* Аристотеля, кн. I. 2. 11.

Различіе между обобщеніемъ и аналогіей.

Между умозаключеніемъ по *обобщенію* и умозаключеніемъ по *аналогіи* существуетъ различіе только въ степени. Въ обоихъ случаяхъ отъ извѣстныхъ наблюденныхъ сходствъ мы умозаключаемъ съ большею или меньшею вѣроятностью къ существованію другихъ сходствъ. Въ обобщеніи сходства имѣютъ большой объемъ и обыкновенно малое содержаніе, между тѣмъ какъ въ аналогіи мы полагаемся на большое содержаніе, причемъ объемъ бываетъ не великъ (стр. 26). Если мы находимъ, что качества A и B соединены между собою во многихъ случаяхъ и никогда не встрѣчались отдѣльно, то въ высшей степени вѣроятно, что и въ слѣдующемъ случаѣ когда мы встрѣтимъ A, то при немъ будетъ также B, и наоборотъ. Такъ напр. встрѣчая предметъ обладающій тяжестью, мы всегда находимъ, что онъ также обладаетъ инерціей; также точно мы не встрѣчали никогда матеріальныхъ предметовъ обладающихъ инерціей, которые бы въ тоже время не обладали тяжестью. Такимъ образомъ, какъ оказывается по правиламъ основаннымъ на обратномъ методѣ вѣроятностей, существуетъ весьма большая вѣроятность того, что если мы въ будущемъ встрѣтимъ предметъ обладающій однимъ какимъ нибудь свойствомъ, или тяжестью или инерціей, то по изслѣдованіи окажется, что онъ обладаетъ также и другимъ изъ этихъ свойствъ. Это есть ясный примѣръ обобщенія.

Напротивъ въ аналогіи мы умозаключаемъ отъ сходства въ нѣсколькихъ пунктахъ къ сходству и въ другихъ пунктахъ. Здѣсь многочисленны качества или пункты сходства, но не предметы. На полюсахъ Марса находятся два бѣлыхъ пятна, которыя сходны во многихъ отношеніяхъ съ бѣлыми странами льда и снѣга у полюсовъ земли. Можетъ быть вовсе нѣтъ другихъ подобныхъ же предметовъ, съ которыми мы могли бы сравнить эти пятна, однако точность сходства даетъ намъ право умозаключить, что пятна на Марсѣ состоятъ изъ льда и снѣга. Словомъ, нѣсколько пунктовъ сходства предполагаютъ еще большее число такихъ пунктовъ. Изъ вида и отношенія этихъ бѣлыхъ пятенъ мы умозаключаемъ, что они имѣютъ всѣ химическія и физическія свойства замерзшей воды. Это умозаключеніе конечно только вѣроятно и основывается на невѣроятности того, чтобы аггрегаты многихъ качествъ были соединены подобнымъ образомъ въ двухъ или нѣсколькихъ случаяхъ случайно, а не вслѣдствіе какого нибудь одинаковаго условія или причины.

Когда мы наблюдаемъ, что два предмета ABCDE... и A'B'C'D'E'... имѣютъ нѣсколько подобныхъ качествъ, что выражается одинаковостью буквъ, то мы по аналогіи умозаключаемъ, что такъ какъ первый имѣетъ еще другое качество X, то мы при достаточно внимательномъ изслѣдованіи откроемъ это же качество и въ другомъ предметѣ. Какъ говоритъ Лапласъ; «Аналогія основывается на вѣроятности того, что подобныя вещи имѣютъ причины одного и того же рода и производятъ одинаковыя дѣйствія» [1]). Сущность аналогическаго умозаключенія хорошо представлена въ трактатѣ о Логикѣ приписываемомъ Канту, гдѣ правило обыкновенной индукціи формулировано такими словами: «одно во многихъ, слѣдовательно и во всѣхъ», а правило аналогіи такими: «многое въ одномъ, а слѣдовательно также и остальное въ немъ же» [2]). Очевидно, что могутъ быть промежуточные случаи, въ которыхъ отъ тожества умѣреннаго числа предметовъ во многихъ свойствахъ мы можемъ умозаключать къ другимъ предметамъ. Вѣроятность должна основываться или на числѣ примѣровъ или на глубинѣ сходства или на томъ и другомъ обстоятельствѣ, если они находятся въ значительной степени. Чего недостаетъ въ объемѣ, то должно восполняться содержаніемъ и наоборотъ.

Двоякое значеніе обобщенія.

Терминъ обобщеніе, какъ онъ обыкновенно употребляется, обозначаетъ два процесса различнаго характера, но они часто бываютъ тѣсно соединены между собою. Во первыхъ мы обобщаемъ тогда, когда признаемъ общую природу даже въ двухъ предметахъ. Мы не можемъ открыть ни малѣйшаго сходства, не давая этимъ средства умозаключать отъ одного случая къ другому. Если мы сравниваемъ кубическій кристаллъ съ правильнымъ октаэдромъ, то замѣчаемъ между ними мало видимаго сходства; но какъ только мы узнаемъ, что каждый изъ нихъ можетъ быть полученъ посредствомъ симметрическаго видоизмѣненія другаго, мы уже открываемъ основаніе сходства въ этихъ кристаллахъ, которое даетъ намъ возможность умозаключить многое объ одномъ, потому что оно вѣрно о другомъ. Наше знаніе объ озонѣ возникло изъ того, что Шенбейнъ замѣтилъ сходство между запахомъ развивающимся отъ электрическихъ искръ и ударовъ молніи и запахомъ при медленномъ горѣніи фосфора. Было время, когда радуга была необъяснимымъ явленіемъ, зловѣщимъ предзнаменованіемъ возбуждавшимъ суевѣрныя надежды и опасенія. Но Рожеръ Беконъ обнаружилъ истинно научный духъ въ томъ, что онъ совѣтывалъ обратить вниманіе на предметы, представляющіе такіе же цвѣта какъ и радуга; онъ упоминаетъ шестиугольные кристаллы изъ Ирландіи и Индіи, но приэтомъ онъ предупреждаетъ, что шестиугольная форма здѣсь не имѣетъ существеннаго значенія, потому что подобные же цвѣта можно открыть въ другихъ прозрачныхъ камняхъ. Брызги воды разбрасываемые весломъ на солнцѣ, водяная пыль поднимающаяся надъ водянымъ колесомъ, капли росы висящія на травѣ по утрамъ лѣтомъ представляютъ подобное же явленіе. Какъ только мы принимаемся группировать вмѣстѣ эти повидимому различные случаи, мы уже начали обобщать и пріобрѣли возможность примѣнять къ одному случаю то, что мы можемъ открыть въ другихъ. Даже если мы и не примѣняемъ пріобрѣтеннаго знанія къ новымъ предметамъ, то наше пониманіе уже наблюденныхъ предметовъ значительно уясняется и углубляется вслѣдствіе того, что мы научились смотрѣть на нихъ какъ на частные случаи болѣе общаго свойства.

---

[1]) Essai Philosoph. sur les Probabilités, p. 86.

[2]) Кантъ, Logik, § 84, Königsberg, 1800, p. 207

Другой процессъ, которому часто дается названіе обобщенія, состоитъ въ томъ, что мы переходимъ отъ факта или частнаго закона къ множеству неизслѣдованныхъ случаевъ, о которыхъ мы думаемъ, что они подчинены тѣмъ же условіямъ. Вмѣсто того чтобы просто констатировать сходство, когда оно является передъ нами, мы здѣсь предсказываемъ его существованіе, прежде чѣмъ наши чувства замѣтили его, такъ что обобщеніе этого рода даетъ намъ способность предсказывать съ большею или меньшею вѣроятностью. Замѣтивши, что многія вещества могутъ быть, подобно водѣ и ртути, въ трехъ состояніяхъ, твердомъ, жидкомъ и газообразномъ, и убѣдившись частыми пробами, что чѣмъ больше наши средства нагрѣванія и охлажденія, тѣмъ больше веществъ мы можемъ испарить или заморозить, мы смѣло идемъ дальше факта и предполагаемъ, что всѣ вещества способны принимать эти три формы. Такое обобщеніе было принято Лавуазье и Лапласомъ, прежде еще чѣмъ стали извѣстны тѣ подтверждающіе его факты, которые теперь находятся въ нашемъ распоряженіи. Подведеніе одной кометы подъ дѣйствіе силы тяготѣнія было признано достаточнымъ указаніемъ на то, что всѣ кометы повинуются той же силѣ. Не многіе сомнѣваются теперь въ томъ, что законъ тяготѣнія распространяется на всю вселенную; тотъ фактъ, что нѣсколько звѣздъ изъ нѣсколькихъ милліоновъ ихъ обнаруживаютъ дѣйствіе тяжести признается въ настоящее время достаточнымъ доказательствомъ ея всеобщаго распространенія во всей видимой вселенной.

Важность обобщенія.

Можетъ показаться, что когда мы знаемъ частные факты, то намъ мало пользы отъ того, если мы соединимъ ихъ вмѣстѣ общимъ закономъ. Частности должны содержать въ себѣ больше полезнаго знанія, чѣмъ отвлеченное общее положеніе. Если мы напримѣръ знаемъ свойства эллипсиса, круга, параболы и гиперболы, то какая намъ польза еще разъ изучать всѣ эти свойства въ общей теоріи кривыхъ втораго порядка? Если мы понимаемъ въ отдѣльности явленія волнъ звука, свѣта и водяныхъ волнъ, то какая намъ надобность составлять общую теорію волнъ, которая къ тому же непримѣнима къ практикѣ, пока она не будетъ снова разложена на частные случаи. Но на самомъ дѣлѣ мы никогда не получимъ надлежащаго понятія о частностяхъ до тѣхъ поръ, пока не станемъ смотрѣть на нихъ какъ на случаи общаго закона. Открытіе многаго въ одномъ и одного во многомъ не только доставляетъ особенное удовольствіе, но производитъ постоянный обмѣнъ свѣта и знанія. Свойства, которыя незамѣтны въ гиперболѣ, могутъ быть легко наблюдаемы въ эллипсисѣ. Большая часть сложныхъ отношеній открытыхъ древними геометрами въ кругѣ можетъ быть воспроизведена послѣ надлежащихъ измѣненій и въ другихъ коническихъ сѣченіяхъ. Волнообразная теорія свѣта могла бы оставаться неизвѣстною и до настоящаго времени, если бы теорія звука по аналогіи не дала извѣстныхъ указаній. Изученіе свѣта показало многія явленія интерференціи и поляризаціи, существованіе которыхъ едва ли и подозрѣвалось въ звукѣ, но которыхъ теперь можно искать и можетъ быть въ нихъ окажется неожиданный интересъ. Тщательное изученіе водяныхъ волнъ показываетъ, какъ измѣняется скорость и форма при различной глубинѣ воды. Аналогическія измѣренія современемъ можетъ быть будутъ открыты и въ звуковыхъ волнахъ. Здѣсь словомъ взаимный обмѣнъ услугами.

«Каждое изученіе обобщенія или расширенія, говоритъ Де Морганъ, даетъ прибавочную силу надъ частною формой, которая повела къ обобщенію. Никто изъ тѣхъ, которые возвращались къ квадратнымъ уравненіямъ послѣ изученія уравненій всѣхъ степеней и дѣлали что нибудь другое въ этомъ родѣ, не станетъ отрицать моего увѣренія, что выраженіе «хотя и смотритъ, но не видитъ» можетъ быть примѣнено ко всякому, кто изучаетъ какую нибудь отрасль или случай, не дѣлая ее потомъ частью большаго цѣлаго. Поэтому всегда стоитъ обобщать, хотя бы только для того, чтобы пріобрѣсти силу надъ *частнымъ*. Этотъ принципъ, самый обыкновенный у математиковъ, почти неизвѣстенъ логикамъ [1])».

Сравнительная общность свойствъ.

Значеніе науки много зависитъ отъ знанія, которое мы постепенно пріобрѣтаемъ о различныхъ степеняхъ общности свойствъ и явленій разнаго рода.

---

[1]) Syllabus of a Proposed System of Logic, p. 34.

Польза науки состоитъ въ томъ, что она даетъ намъ возможность дѣйствовать съ увѣренностью, потому что мы можемъ предвидѣть результатъ. А это предвидѣніе должно основываться на знаніи силъ, которыя будутъ дѣйствовать. Это знаніе конечно никогда не можетъ быть достовѣрнымъ, потому что основывается на несовершенной индукціи и самыя вѣрныя надежды и предсказанія могутъ не оправдаться. Тѣмъ не менѣе если мы всегда опредѣляемъ вѣроятность каждаго предсказанія сообразно съ фактическими данными и имѣемъ въ виду эту вѣроятность, составляя наши предуказанія, то мы обезпечиваемъ за собою minimum разочарованія. Далѣе, если физикъ не можетъ точно примѣнять теоріи вѣроятностей, то онъ можетъ пріобрѣсть привычку составлять свои сужденія такъ, чтобы они были согласны въ общемъ съ ея принципами и результатами.

Строеніе природы таково, что физикъ научается различать тѣ свойства, которыя имѣютъ обширное и однородное распространеніе, отъ тѣхъ, которыя измѣняются въ каждомъ данномъ случаѣ. Онъ не только пользуется достовѣрными законами, отчетливо формулированными и съ точно опредѣленною сферою дѣйствія, но научныя занятія сообщаютъ ему еще извѣстнаго рода тактъ въ сужденіи о томъ, до какой степени могутъ быть примѣнимы другіе законы при всякихъ частныхъ обстоятельствахъ. Мы постепенно узнаемъ, что кристаллы представляютъ явленія зависящія отъ направленія осей упругости, чего мы не должны ожидать въ однородныхъ твердыхъ тѣлахъ. Жидкости, даже сравнительно съ не-кристаллическими твердыми тѣлами, представляютъ законы гораздо меньшей сложности и разнообразія, а газы во многихъ отношеніяхъ представляютъ видъ почти совершенной однородности. Было бы очень интересно и важно прослѣдить отрасли науки, въ которыхъ преобладаютъ различныя степени общности; но недостатокъ мѣста, не говоря уже о другихъ причинахъ, не позволяетъ мнѣ заняться этимъ иначе какъ только слегка.

Газы, насколько они дѣйствительно газообразны, не только имѣютъ совершенно одинаковыя свойства во всѣхъ направленіяхъ пространства, но одинъ газъ совершенно сходенъ съ другими газами во многихъ качествахъ. Всѣ газы расширяются отъ теплоты по одному и тому же закону и почти на одинаковую величину; теплоемкости эквивалентныхъ вѣсовъ равны между собою, а плотности совершенно пропорціональны атомнымъ вѣсамъ. Всѣ такіе газы повинуются общему закону, что объемъ помноженный на давленіе и раздѣленный на абсолютную температуру даетъ постоянную или почти постоянную величину. Законы диффузіи и проницанія газовъ одинаковы во всѣхъ случаяхъ и говоря вообще, всѣ физическіе законы въ отличіе отъ химическихъ законовъ примѣняются одинаково ко всѣмъ газамъ. Даже когда газы различаются между собою по физическимъ или химическимъ свойствамъ, то разница между ними бываетъ меньше по степени. Такъ напримѣръ разница между ними по липкости менѣе выражена, чѣмъ при твердыхъ и жидкихъ состояніяхъ. Кромѣ того почти всѣ газы безцвѣтны, за исключеніемъ паровъ іода, брома и немногихъ другихъ веществъ.

Только въ одномъ пунктѣ, на сколько мнѣ извѣстно, газы представляютъ отличительные признаки неизвѣстные или почти неизвѣстные въ твердыхъ и жидкихъ состояніяхъ. Я разумѣю свѣтъ издаваемый раскаленными газами. Каждый газъ, когда онъ достаточно раскаленъ, испускаетъ свойственный ему особенный рядъ лучей происходящихъ отъ свободныхъ вибрацій составныхъ частей частицъ. Это и даетъ возможность различать газы посредствомъ спектроскопа. Частицы же твердыхъ тѣлъ и жидкостей повидимому находятся въ постоянномъ столкновеніи между собою, такъ что получается только не стройный *шумъ* атомовъ вмѣсто опредѣленнаго ряда свѣтовыхъ тоновъ. Поэтому при одинаковой температурѣ всѣ раскаленныя твердыя и жидкія тѣла испускаютъ почти одинаковые лучи, и въ этомъ случаѣ мы имѣемъ исключеніе изъ большей общности свойствъ въ газахъ.

Жидкости во многихъ отношеніяхъ представляютъ переходный характеръ между газами и твердыми тѣлами. Не имѣя различной упругости въ разныхъ направленіяхъ и не представляя богатства геометрической сложности свойственной твердымъ тѣламъ, они при большомъ разнообразіи въ плотности, цвѣтѣ и степеняхъ прозрачности представляютъ такое же разнообразіе въ липкости, вязкости, коэфиціентахъ расширенія, сжимаемости и многихъ другихъ свойствахъ, какое мы наблюдаемъ въ твердыхъ тѣлахъ, но не всегда въ газахъ. Хотя нашему знанію о физическихъ свойствахъ жидкостей еще не достаетъ общности, однако есть основаніе надѣяться, что постепенно будутъ открыты законы соединяющіе и объясняющіе эти различія.

Твердыя тѣла во всѣхъ отношеніяхъ противоположны газамъ. Каждое твердое вещество имѣетъ свою собственную степень плотности, твердости, сжимаемости, прозрачности, вязкости, упругости, способности проводить теплоту и элетричество, магнитныхъ свойствъ, способности проводить электричество отъ тренія и д. д. Каждый отдѣльный кусокъ одного и того же вещества обнаруживаетъ значительныя различія, смотря по тѣмъ случайнымъ операціямъ, которымъ подвергаютъ его. И не только каждое вещество имѣетъ свои специфическія свойства, но еще когда оно кристаллизовано, то его свойства бываютъ различны въ разныхъ направленіяхъ относительно кристаллографическихъ осей. Скорость лучеиспусканія, быстрота проведенія теплоты, коэффиціенты расширяемости и сжимаемости, термоэлектрическія свойства, всѣ представляютъ разницу въ разныхъ кристаллографическихъ направленіяхъ.

Вѣроятно, что многія кажущіяся различія между жидкостями и даже между твердыми тѣлами будутъ объяснены, когда мы научимся изслѣдовать ихъ при совершенно одинаковыхъ обстоятельствахъ. И въ самомъ дѣлѣ крайняя общность свойствъ газовъ оказывается вѣрной только при неопредѣленно высокой температурѣ, когда они одинаково удалены отъ ихъ точекъ сгущенія. Но также оказывается, что если мы сравнимъ жидкости, напримѣръ разные роды алкоголей, не при одинаковыхъ температурахъ, но при точкахъ равно отстоящихъ отъ ихъ соотвѣтствующихъ точекъ кипѣнія, то законы и коэффиціенты ихъ расширенія почти равны. Упругости паровъ жидкостей также оказываются болѣе близкими, если ихъ сравнивать при соотвѣтствующихъ точкахъ, и точки кипѣнія во многихъ случаяхъ просто обусловливаются химическимъ составомъ. Нѣтъ сомнѣнія, что прогрессъ изслѣдованія дастъ намъ возможность открыть общность тамъ, гдѣ въ настоящее время мы видимъ только разнообразіе и запутанную сложность.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ вещества представляютъ одинаковыя физическія свойства какъ въ жидкомъ, такъ и въ твердомъ состояніи. Свинецъ имѣетъ высокую преломляющую способность, будетъ ли онъ въ растворѣ или въ видѣ твердой соли, въ кристаллическомъ или стекловатомъ видѣ. Магнитная способность желѣза ясно обнаруживается, каково бы ни было его химическое состояніе; и вообще магнитныя свойства веществъ, хотя и измѣняются съ измѣненіемъ температуры, однако другія физическія измѣненія повидимому не оказываютъ на нихъ большого вліянія. Цвѣтъ, поглощающая способность для теплоты или цвѣтовыхъ лучей и нѣкоторыя другія немногія свойства также бываютъ часто одинаковы въ жидкостяхъ и газахъ. Іодъ и бромъ обладаютъ густымъ цвѣтомъ, когда они находятся въ химически свободномъ состояніи. Но мы рѣдко можемъ умозаключать съ увѣренностью отъ свойствъ вещества въ одномъ состояніи къ его свойствамъ въ другомъ. Ледъ есть изоляторъ, а вода проводникъ электричества и такой же контрастъ обнаруживаютъ многія другія вещества. Постепенно мы можемъ научиться отличать тѣ свойства матеріи, которыя зависятъ отъ внутренняго строенія частицы, отъ тѣхъ свойствъ, которыя зависятъ отъ соприкосновенія, столкновенія, взаимнаго притяженія и другихъ отношеній между отдѣльными частицами. Оптическія свойства вещества повидимому вообще зависятъ отъ частицы; такъ способность нѣкоторыхъ веществъ вращать плоскость поляризаціи свѣтоваго луча бываетъ совершенно одинакова, какова бы ни была степень ихъ плотности, или крѣпость раствора, въ которомъ они содержатся. Вообще физическія свойства веществъ и ихъ количественные законы представляютъ чрезвычайно сложную проблему и пройдутъ еще цѣлыя столѣтія, прежде чѣмъ сдѣлаются возможными хоть сколько нибудь полныя обобщенія.

Общія свойства всякой матеріи.

Нѣкоторыя законы считаются вѣрными относительно всей матеріи во вселенной безъ исключенія, такъ что неизвѣстно ни одного примѣра несогласнаго съ ними. Таковы напримѣръ законы движенія, какъ они формулированы Галилеемъ и Ньютономъ. Тоже самое вѣрно и относительно закона всеобщаго тяготѣнія. Можно считать, что прогрессъ новой физики начался собственно съ того времени, когда Галилей въ опроверженіе мнѣнія послѣдователей Аристотеля показалъ, что дѣйствіе тяжести на матеріальныя тѣла не зависитъ отъ ихъ формы, величины или сложенія. Всѣ предметы падаютъ съ одинаковою скоростью, если устранены мѣшающія причины, напримѣръ сопротивленіе воздуха, или если сдѣлать поправку на нихъ. То, что Галилей грубо доказалъ своими опытами на наклонной башнѣ въ Пизѣ, было подтверждено до высокой степени приближенія Ньютономъ въ эспериментѣ, о которомъ уже говорилось прежде (стр. 416).

Ньютонъ сдѣлалъ два маятника совершенно одинаковой формы и величины, взявши два совершенно одинаковыхъ круглыхъ ящика изъ дерева и привѣсилъ ихъ на равныхъ нитяхъ въ 11 футовъ длины. Маятники такимъ образомъ подвергались одинаковому сопротивленію воздуха. Одинъ ящикъ онъ наполнялъ деревомъ, а въ центрѣ качанія другаго помѣщалъ равный вѣсъ золота. Поэтому маятники были одинаковы по вѣсу такъ же, какъ и по величинѣ; одновременно приведши ихъ въ движеніе, Ньютонъ нашелъ, что они долгое время качаются съ равными размахами. Онъ повторилъ тотъ же опытъ съ серебромъ, свинцомъ, стекломъ, пескомъ, поваренною солью и пшеницей вмѣсто золота и убѣдился, что движеніе его маятника было совершенно одинаково, какое бы ни было вещество внутри его [1]). Онъ считалъ, что разница въ одну тысячную часть была только кажущеюся. Нужно замѣтить, что маятники дѣлались одинаковаго вѣса только для того, чтобы они претерпѣвали равное замедленіе отъ дѣйствія воздуха. Смыслъ этого эксперимента тотъ, что всѣ вещества обнаруживаютъ совершенно одинаковое ускореніе отъ силы тяжести и что поэтому инерція или сопротивленіе матеріи силѣ, которое представляетъ единственную извѣстную намъ независимую мѣру массы, всегда пропорціонально тяжести.

---

[1]) Principia, книга III, полож. VI. Англійск. перев. Мотта, т. II, с. 220.

Эти опыты Ньютона считались убѣдительными и рѣшительными до самаго послѣдняго времени, когда извѣстныя разногласія между теоріей и наблюденіями движенія планетъ привели Николаи въ 1826 г. къ догадкѣ, что равное тяготѣніе различныхъ родовъ матеріи нельзя считать абсолютно точнымъ. И вполнѣ сообразно съ здравой философіей—отъ времени до времени подвергать сомнѣнію нѣкоторые изъ самыхъ прочно установленныхъ законовъ. По этому поводу Бессель тщательно повторилъ опыты Ньютона съ маятниками составленными изъ слоновой кости, стекла, мрамора, кварца, метеорныхъ камней и др., но не замѣтилъ ни малѣйшей разницы. Это заключеніе такъ же подтверждается дальнѣйшимъ согласіемъ всѣхъ основанныхъ на немъ вычисленій физической астрономіи. Вычисляется ли масса Юпитера по движенію его спутниковъ, или по дѣйствію его на малыя планеты, Весту, Юнону и проч., или по возмущенію кометы Энке, результаты получаются согласные; а это доказываетъ, что совершенно одинаковый законъ тяготѣнія примѣняется къ самымъ различнымъ тѣламъ, какія мы можемъ наблюдать. Кромѣ того тяжесть тѣла совершенно не зависитъ отъ его другихъ физическихъ состояній и на нее не оказываютъ никакого вліянія всякія измѣненія въ температурѣ, плотности, электрическомъ или магнитномъ состояніи или въ другихъ физическихъ свойствахъ вещества.

Парадоксальнымъ результатомъ закона одинаковаго тяготѣнія служитъ теорема Торричелли состоящая въ томъ, что всѣ жидкости, какой бы плотности они ни были, падаютъ или вытекаютъ съ одинаковой быстротой. Если двѣ равныхъ цистерны наполнены одна ртутью, а другая водою, то ртуть, несмотря на то, что она въ 13 разъ тяжеле чѣмъ вода, будетъ вытекать изъ отверстія ни быстрѣе, ни медленнѣе чѣмъ вода, и то же самое вѣрно относительно эфира, алькоголя и другихъ жидкостей, если конечно сдѣлать поправку на сопротивленіе воздуха и разную вязкость жидкостей.

Сила тяжести своею совершенною одинаковостью и своею полною независимостью отъ всѣхъ обстоятельствъ, исключая массы и разстоянія, отличается отъ всѣхъ другихъ силъ и явленій природы и до сихъ поръ не приведена ни въ какое соотношеніе съ ними, исключая того, которое выражается общимъ принципомъ сохраненія энергіи. Магнитное притяженіе, какъ замѣтилъ Ньютонъ, слѣдуетъ совершенно различнымъ законамъ, зависящимъ отъ химическаго качества и частичнаго строенія каждаго особаго вещества.

Мы однако не должны забывать, что говоря «всякая матерія тяготѣетъ», мы исключаемъ изъ термина *матерія* матеріальное основаніе свѣтовыхъ волнъ, которое имѣетъ несравненно обширнѣйшее распространеніе и во многихъ отношеніяхъ повинуется законамъ механики. Это алмазоподобное вещество, насколько возможно было узнать его, представляется совершенно однороднымъ въ своихъ свойствахъ, когда существуетъ въ пространствѣ не занятомъ матеріей. Оно проводитъ свѣтъ и теплоту съ одинаковою скоростью во всѣхъ направленіяхъ и во всѣхъ частяхъ пространства доступныхъ нашему наблюденію. Но присутствіе вѣсомой матеріи видоизмѣняетъ плотность и механическія свойства такъ называемаго эѳира еще необъясненнымъ до сихъ поръ образомъ [1]).

Помимо тяжести довольно трудно найти другіе законы, которые были бы одинаково вѣрны относительно всей матеріи. Боэргаве приписываютъ установленіе закона, что всѣ тѣла расширяются отъ теплоты; но не только это расширеніе весьма различно въ разныхъ веществахъ, а намъ еще извѣстны положительныя исключенія изъ него. Многія жидкости и немногія твердыя тѣла при извѣстныхъ температурахъ сжимаются отъ теплоты. Есть однако другія отношенія теплоты къ матеріи, которыя представляются всеобщими и однообразными; всѣ вещества начинаютъ испускать свѣтовые лучи при одинаковой температурѣ по закону Дрепера; и газы не составляютъ исключенія изъ этого, если они достаточно сгущены, какъ показываютъ опыты Франкланда. Грове считаетъ всеобщимъ закономъ, что всѣ тѣла при соединеніи образуютъ теплоту; за сомнительнымъ исключеніемъ сѣры и селена, всѣ твердыя тѣла при переходѣ въ жидкое состояніе и всѣ жидкости при переходѣ въ газообразное состояніе поглощаютъ теплоту; но количества поглощаемой теплоты бываютъ различны, смотря по химическимъ качествамъ матеріи. Термодинамическій законъ Карно признается вѣрнымъ относительно всякой матеріи безразлично; онъ выражаетъ тотъ фактъ, что количество механической энергіи, которое можетъ быть получено теоретически изъ извѣстнаго количества живой силы теплоты, зависитъ только отъ измѣненія температуръ, такъ что будетъ ли машина работать водою, воздухомъ, алькоголемъ, аміакомъ или другимъ веществомъ, результатъ будетъ теоретически одинаковъ, если парообразователь и сгуститель удерживаются на одинаковыхъ температурахъ.

Измѣняющіяся свойства матеріи.

Я перечислилъ нѣкоторыя изъ немногихъ свойствъ матеріи, которыя обнаруживаются совершенно одинаково во всѣхъ веществахъ, какъ бы они ни были различны по химическому или физическому составу. Но гораздо больше такихъ качествъ, которыя измѣняются по степенямъ; вещества бываютъ болѣе или менѣе плотныя, болѣе или менѣе сжимаемыя, болѣе или менѣе магнитныя и т. д. Одинъ изъ самыхъ обыкновенныхъ результатовъ прогресса науки состоитъ въ томъ, что качества не предполагавшіяся прежде въ извѣстныхъ веществахъ дѣйствительно находятся въ нихъ, но только въ такой слабой степени напряженности, что наши средства были недостаточны для ихъ открытія. Ньютонъ думалъ, что на большую часть тѣлъ магнитъ совершенно не дѣйствуетъ; Фаредей же и Тиндаль показали, что едва ли есть какое нибудь вещество вполнѣ лишенное магнетизма, разумѣя подъ этимъ терминомъ и діамагнетизмъ. Мы быстро идемъ къ тому убѣжденію, что нѣтъ веществъ абсолютно непрозрачныхъ, или непроводящихъ, неэлектрическихъ, неупругихъ, нетягучихъ, несжимаемыхъ, нерастворимыхъ, неплавящихся, или нелетучихъ. Все это становится вопросомъ степени или иногда направленія. Могутъ быть нѣкоторыя вещества обнаруживающія противоположныя качества относительно другихъ, какъ напр. желѣзо-магнитныя вещества, противоположны діамагнитнымъ, или вещества сжимающіяся отъ теплоты противоположны тѣмъ, которыя расширяются; но всѣ открытія направляются къ тому результату, что каждому свойству одного рода матеріи соотвѣтствуетъ что нибудь подобное и въ другихъ родахъ матеріи. На этомъ основаніи одно изъ Ньютоновскихъ правилъ философствованія представляется совершенно неосновательнымъ; онъ говорилъ: «тѣ качества тѣлъ, которыя не могутъ ни усиливаться, ни ослабѣвать и которыя встрѣчаются во всѣхъ тѣлахъ доступныхъ нашимъ экспериментамъ, должны считаться всеобщими качествами всѣхъ тѣлъ». По моему же мнѣнію болѣе вѣроятно противное, что качества измѣняющіяся по степени окажутся въ каждомъ веществѣ въ большей или меньшей степени.

---

[1]) Ловерингъ въ своей интересной рѣчи на собраніи американской ассоціаціи въ Гартфордѣ въ 1874 г, показалъ, до какой степени темны и неопредѣленны идеи ученыхъ людей объ этомъ эѳирѣ. Silliman's Journal, Octob. 1874, p. 297. Phil. Mag., v. XLVIII, p. 493.

Замѣчательно, что Ньютонъ, методъ изслѣдованія котораго былъ логически совершенъ, повидимому былъ не въ состояніи обобщить и формулировать свой собственный методъ. Его знаменитыя «правила умозаключенія въ философіи», изложенныя въ началѣ третьей книги Principia имѣютъ сомнительную вѣрность и еще болѣе сомнительное достоинство.

Крайніе примѣры свойствъ.

Хотя вещества обыкновенно различаются только по степени, однако большой интересъ представляютъ и тѣ особенныя вещества, въ которыхъ одно какое нибудь качество обнаруживается особенно рѣзко и очевидно. Каждая отрасль физики обыкновенно развивалась вслѣдствіе того, что нѣкоторыя отдѣльныя вещества привлекали на себя особенное вниманіе. Подобно тому какъ магнитная руда дала поводъ къ открытію магнетизма, а янтарь—электричества отъ тренія, исландскій шпатъ показалъ существованіе двойнаго лучепреломленія, а сѣрнокислый хининъ флуоресценціи. Когда одинъ такой поразительный примѣръ привлекаетъ на себя вниманіе ученаго міра, тогда въ скоромъ времени открываются менѣе замѣчательные случаи явленія и затѣмъ становится вѣроятнымъ, что изучаемое свойство принадлежитъ всей матеріи. Тѣмъ не менѣе крайніе примѣры удерживаютъ свой интересъ, отчасти съ исторической точки зрѣнія, а отчасти потому, что они представляютъ самыя удобныя вещества для опытовъ.

Ф. Беконъ вполнѣ понималъ важность такихъ примѣровъ и называлъ ихъ очевидными или проливающими свѣтъ, свободными и преобладающими. По его словамъ, они представляютъ изслѣдуемую природу въ голомъ видѣ, въ экзальтированномъ состояніи или въ высшей степени силы, свободную отъ препятствій, или по крайней мѣрѣ господствующую надъ ними своею силою и уничтожающую ихъ [1]). Онъ упоминаетъ о ртути какъ объ очевидномъ примѣрѣ тяжести или плотности, воображая, что плотность ея не многимъ меньше плотности золота и что она болѣе замѣчательна чѣмъ золото, такъ какъ она соединяетъ плотность съ жидкимъ состояніемъ. Магнитъ упоминается у него какъ очевидный примѣръ притяженія. Трудно понять, въ чемъ состоитъ различіе между этими примѣрами и тѣми, которые онъ называетъ примѣрами неправильными или своеобразными (monodicae, heteroclitae), и къ которымъ онъ относитъ все экстравагантное по свойствамъ или по величинѣ, или представляетъ мало сходства съ другими вещами, каковы напр. солнце и луна между небесными тѣлами, слонъ между животными, буква s между остальными буквами или магнитная руда между минералами [2]).

Въ оптикѣ находитъ большое примѣненіе большая разсѣевающая способность прозрачныхъ соединеній свинца, т. е. способность давать длинный спектръ. Доллондъ, замѣтивши эту необыкновенную разсѣевающую способность чечевицъ сдѣланныхъ изъ флинтъ-гласса, употреблялъ ихъ для полученія ахроматическихъ оптическихъ стеколъ. Въ этомъ отношеніи стронцій представляетъ контрастъ со свинцомъ, обладая замѣчательно слабою разсѣевающею способностью; но сколько мнѣ извѣстно, это свойство еще не получило никакого примѣненія.

Соединенія свинца обладаютъ большою разсѣевающею способностью и большимъ показателемъ преломленія, и послѣднимъ свойствомъ они оказали большую услугу Фаредею. Потративши много труда на приготовленіе разнаго рода оптическаго стекла, онъ наконецъ остановился на стеклѣ изъ свинца, кремнезема и борной кислоты, которое извѣстно теперь подъ именемъ *тяжелаго стекла* и обладаетъ необыкновенно сильною преломляющею способностью. Спустя нѣсколько лѣтъ, пытаясь открыть дѣйствіе магнетизма на свѣтъ, онъ не могъ замѣтить никакого дѣйствія до тѣхъ поръ, пока ему не пришло въ голову попробовать кусокъ тяжелаго стекла. Особенная преломляющая способность этой среды заставила обнаружиться магнитное напряженіе и было открыто вращеніе плоскости поляризаціи.

---

[1]) Novum Organum. кн. II. Афоризмъ. 24, 25.

[2]) Ibid. Афор. 28.

Почти въ каждомъ отдѣлѣ физики есть какое нибудь вещество съ особенно рѣзкими свойствами, дѣлающими его особенно пригоднымъ для той цѣли, для которой оно употребляется. Каменная соль неоцѣненна по своей крайней теплопрозрачности или прозрачности для наименѣе преломляемыхъ лучей спектра. Кварцъ почти столь же цѣненъ по своей прозрачности для ультра-фіолетовыхъ или наиболѣе преломляемыхъ лучей. Алмазъ есть въ высшей степени преломляющее вещество и въ тоже время прозраченъ; если бы онъ былъ не такъ дорогъ и еслибы его легче можно было обдѣлывать, то онъ имѣлъ бы большое употребленіе въ оптикѣ. Киноварь отличается способностью вращать плоскость поляризаціи свѣта отъ 15 до 17 разъ большею чѣмъ кварцъ. При электрическихъ опытахъ мѣдь предпочитается за ея сильную проводимость и чрезвычайно слабыя магнитныя свойства; желѣзо же необходимо изъ-за своей громадной магнитной способности; между тѣмъ какъ висмутъ занимаетъ такое же положеніе по своей діамагнитной способности, и онъ былъ очень важенъ для Тиндаля въ его рѣшающихъ изслѣдованіяхъ о полярномъ характерѣ діамагнитной силы [1]. Съ точки зрѣнія магнито-кристаллическаго дѣйствія въ высшей стенени замѣчателенъ минералъ кіанитъ, обнаруживающій такую сильную чувствительность къ земному магнетизму, что если его повѣсить свободно, то онъ принимаетъ постоянное положеніе относительно магнитнаго меридіана и почти можетъ быть употребляемъ какъ магнитная стрѣлка. Натрій отличается своеобразною свѣтоиспускательною особенностью, которая до такой степени необыкновенна, что вѣроятно половина всего числа звѣздъ обнаруживаетъ свойственный ему желтый оттѣнокъ.

Замѣчательно, что вода, самая обыкновенная изъ всѣхъ жидкостей, отличается однако почти во всѣхъ отношеніяхъ крайними качествами. Изъ всѣхъ извѣстныхъ веществъ вода отличается наибольшею теплоемкостью, что дѣлаетъ ее особенно пригодной для цѣлей нагрѣванія и охлажденія, для какихъ она часто и употребляется. Вслѣдствіе капилярнаго притяженія она поднимается до высоты вдвое большей, чѣмъ всякая другая жидкость. Въ видѣ льда она расширяется отъ теплоты почти вдвое больше, чѣмъ всякое другое извѣстное намъ твердое вещество [1]). Пропорціонально своей плотности она имѣетъ наибольшее поверхностное напряженіе и въ этомъ отношеніи ее превосходитъ только ртуть; и вообще не трудно было бы значительно увеличить списокъ ея замѣчательныхъ свойствъ.

---

[1] Phil. Trans. 1856, v. CXLVI. p. 246.

Къ крайнимъ примѣрамъ мы можемъ отнести также случаи замѣчательно слабыхъ способностей или качествъ. Эти примѣры соотвѣтствуютъ тому, что Беконъ назвалъ скрытными (clandestina) примѣрами, которые представляютъ данное свойство въ наименьшей напряженности и какъ бы въ зачаточномъ состояніи [2]). По его мнѣнію, они часто оказываются важными, потому что могутъ давать возможность по разницѣ открыть причину свойствъ. Я могу прибавить, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ они могутъ быть полезны въ опытахъ. Такъ водородъ наименѣе плотный изъ всѣхъ извѣстныхъ веществъ имѣетъ наименьшій атомный вѣсъ. Закись азота въ жидкомъ видѣ имѣетъ наименьшій показатель преломленія изъ всѣхъ извѣстныхъ жидкостей [3]). Соединенія стронція имѣютъ наименьшую разсѣевающую способность. Очевидно, что свойство самой слабой степени можетъ быть столь же любопытнымъ и цѣннымъ, какъ и свойства весьма высокой степени.

Открытіе непрерывности.

Мы должны постоянно помнить, что явленія, которыя на дѣлѣ имѣютъ весьма сходную или даже тожественную природу, могутъ казаться для нашихъ чувствъ весьма различными. Безъ тщательнаго анализа происходящихъ измѣненій мы часто можемъ подвергаться риску видѣть большую разницу между фактами и процессами, которые на дѣлѣ служатъ выраженіемъ одного и того же закона. Большая разница въ степени или величинѣ часто бываетъ причиною ошибки. Дѣйствительно трудно бываетъ съ перваго же раза замѣтить какое нибудь сходство между постепеннымъ превращеніемъ въ ржавчину куска желѣза и быстрымъ сгараніемъ кучи соломы. Однако химическая теорія Лавуазье основана была на одинаковости окислительнаго процесса въ обоихъ случаяхъ. Намъ стоитъ только размелчить желѣзо на чрезвычайно меленькія частички, чтобы увидѣть, что на дѣлѣ оно еще болѣе горюче, чѣмъ солома и даже воспламеняется само собою и горитъ какъ трутъ. Только чрезвычайная медленность процесса въ большомъ кускѣ желѣза скрываетъ его дѣйствительный характеръ.

---

[1]) Phil. Mag. 4 ser. Jannuary 1870. v. XXXIX. p. 2.

[2]) Novum Organum, кн. II. Афор. 25.

[3]) Фаредей, Experim. Resear. in Chem. and Phys. p. 93.

Если вѣрить Ксенофонту, Сократъ дѣлалъ ошибки вслѣдствіе того, что не принималъ въ соображеніе крайнихъ различій въ степени и количествѣ. Анаксагоръ утверждалъ, что солнце есть огонь, но Сократъ отвергалъ это мнѣніе на томъ основаніи, что мы на огонь можемъ смотрѣть, а на солнце не можемъ и что растенія растутъ при солнечномъ свѣтѣ, тогда какъ огонь убиваетъ ихъ. Онъ также указывалъ на то, что камень нагрѣтый въ огнѣ не блеститъ и тотчасъ же охлаждается, тогда какъ солнце всегда остается одинаково блестящимъ и горячимъ [1]). Всѣ эти ошибки произошли оттого, что онъ не сообразилъ, что различіе въ количествѣ можетъ быть до такой степени большимъ, что принимаетъ видъ различія въ качествѣ. И о Сократѣ разсказываютъ невѣроятную вещь, будто онъ, указавши на эти мнимыя ошибки прежнихъ философовъ, не совѣтовалъ своимъ ученикамъ заниматься астрономіей.

Можно напередъ ожидать, что массы матеріи очень различныя по величинѣ представятъ большую разницу въ ихъ отношеніяхъ, происходящую отъ различной напряженности дѣйствующихъ силъ. Многіе воображаютъ, что нужны таинственныя силы для того, чтобы поддерживать облака, и даже существовали нелѣпыя теоріи представлявшія частички облаковъ маленькими водяными шарами, которые поддерживаются на высотѣ заключеннымъ въ нихъ теплымъ воздухомъ. Но слѣдуетъ только принять въ соображеніе громадное сравнительно сопротивленіе, какое оказываетъ воздухъ паденію маленькихъ частичекъ, чтобы понять, что всѣ частички облаковъ вѣроятно постоянно падаютъ въ воздухѣ, но такъ медленно, что не получается замѣтнаго дѣйствія. Минеральная матерія также всегда считалась инертною и неспособною къ самопроизвольнымъ движеніямъ. И потому мы приходимъ въ крайнее изумленіе, наблюдая въ сильный микроскопъ, какъ всякаго рода твердая матерія взвѣшенная въ видѣ чрезвычайно маленькихъ частичекъ въ чистой водѣ, приходитъ въ качательныя движенія, часто столь замѣтныя, что они походятъ на пляску или прыжки. По моему мнѣнію это движеніе происходитъ отъ сравнительно большой напряженности химическаго дѣйствія, обнаруживающагося между маленькими частичками, причемъ это дѣйствіе бываетъ въ 5 или въ 10 тысячъ больше пропорціонально массѣ, чѣмъ между кусками въ 1 дюймъ въ діаметрѣ (стр. 380).

Многое въ ученіи объ электричествѣ прежде казалось непонятнымъ вслѣдствіе крайнихъ различій въ напряженности и количествѣ, какія представляетъ эта форма энергіи. Между блестящимъ громовымъ разрядомъ тучи и слабымъ непрерывнымъ токомъ развиваемымъ двумя кусками металла и небольшимъ количествомъ разбавленной кислоты повидимому вовсе нѣтъ никакой аналогіи. Поэтому Фаредей сдѣлалъ большое открытіе, когда доказалъ тожество дѣйствующихъ здѣсь силъ и показалъ, что и обыкновенное электричество отъ тренія могло бы разлагать воду подобно вольтовой баттареѣ. Отношеніе между явленіями стало яснымъ, когда ему удалось показать, что нужно было бы 800000 разрядовъ его большой лейденской баттареи, чтобы разложить одинъ гранъ воды. Молнія оказывается поэтому электричествомъ чрезвычайно высокаго напряженія, но чрезвычайно малымъ по количеству, такъ что разница здѣсь имѣетъ нѣкоторую аналогію съ разницей между силою милліона фунтовъ воды, падающей на разстояніи фута и силою одного фунта воды, падающей на разстояніи милліона футовъ. Фаредей вычислилъ, что одинъ гранъ воды, дѣйствуя на четыре грана цинка, далъ бы количество электричества достаточное для произведенія сильной грозы.

---

[1]) Memorabilia, IV. 7.

Съ давнихъ поръ существовало мнѣніе, что электрическіе проводники и изоляторы принадлежатъ къ двумъ противоположнымъ классамъ веществъ. Между невообразимою быстротой, съ какою токъ проходитъ по чистой мѣдной проволокѣ и тѣмъ поводимому непроходимымъ препятствіемъ, которое представляетъ для прохожденія тока тонкая перегородка изъ гуттаперчи или гумилака, повидимому нѣтъ ничего общаго. И здѣсь Фаредей съ успѣхомъ потрудился надъ тѣмъ, чтобы показать, что это просто только крайніе примѣры изъ цѣлаго ряда веществъ, представляющихъ всевозможныя измѣненія въ ихъ способностяхъ проводимости. Даже самые лучшіе проводники, какъ напр. чистая мѣдь или серебро, представляютъ сопротивленіе электрическому току. Другіе металлы имѣютъ значительно высшія способности сопротивленія и мы постепенно спускаемся ниже до окисловъ и сѣрнистыхъ соединеній. Съ другой стороны самые лучшіе изоляторы допускаютъ атомную индукцію, которая необходимо предшествуетъ проводимости. Поэтому Фаредей умозаключалъ, что всѣ вещества болѣе или менѣе разряжаютъ электричество, можемъ ли мы измѣрить это дѣйствіе или нѣтъ [1]). Слѣдствіемъ этого ученія должно быть то, что всякій разрядъ производитъ индуцированный токъ. Въ явленіяхъ обыкновеннаго гальваническаго тока мы легко можемъ открыть индуцированный токъ во всякой параллельной проволокѣ или въ другомъ сосѣднемъ проводникѣ и можемъ раздѣлить противоположные токи, развивающіеся въ тѣ моменты, когда первоначальный токъ начинается и прекращается. Но разрядъ электричества съ высокимъ напряженіемъ, хотя онъ несомнѣнно совершается въ теченіи извѣстнаго времени и имѣетъ начало и конецъ, однако продолжается такую незначительную часть секунды, что было бы безнадежно пытаться открыть и раздѣлить два противоположные индукцированные тока, которые почти одновременны и совершенно нейтрализуютъ другъ друга. Этимъ и объясняется кажущееся отсутствіе аналогіи, и мы имѣемъ здѣсь другой примѣръ явленія, которое мы не можемъ наблюдать, но существованіе котораго извѣстно намъ теоретически [1]).

---

[1]) Experim. Resear. in Electricity, ser. XII. v. I. p. 420.

Самый поразительный случай открытія неподозрѣвавшейся непрерывности представляетъ открытый Каньяромъ де-ла Туромъ и Андрьюсомъ фактъ, что жидкое и газообразное состоянія матеріи представляютъ только отдаленные пункты въ непрывномъ рядѣ измѣненій. Съ перваго раза кажется, что ничто не представляетъ болѣе очевидной разницы, чѣмъ та, которая существуетъ между физическими состояніями воды и водянаго пара. При точкѣ кипѣнія происходитъ совершенный перерывъ непрерывности и образовавшійся газъ подчиняется законамъ несравненно болѣе простымъ чѣмъ та жидкость, изъ которой онъ образовался. Но Каньяръ де-ла Туръ показалъ, что если мы будемъ держать жидкость подъ достаточнымъ давленіемъ, то точка кипѣнія ея можетъ подняться до неопредѣленной степени, и однако же жидкость приметъ наконецъ газообразное состояніе только съ небольшимъ увеличеніемъ объема. Андрьюсъ, продолжая недавно тѣже изслѣдованія, показалъ, что жидкая углекислота при извѣстной температурѣ (30°,92 Ц.) и при давленіи 74 атмосферъ можетъ находиться одновременно въ состояніи неотличимомъ отъ жидкаго и газообразнаго. При еще высшихъ давленіяхъ углекислота можетъ перейти изъ очевидно жидкаго состоянія въ настоящее газообразное, безъ всякой рѣзкой перемѣны. По мѣрѣ того, какъ давленіе становится больше, рѣзкость перехода отъ жидкаго къ газообразному состоянію постепенно уменьшается и наконецъ исчезаетъ. Подобныя же явленія или же приближенія къ нимъ были наблюдаемы въ другихъ жидкостяхъ, и нѣтъ сомнѣнія, что мы можемъ сдѣлать широкое обобщеніе и утверждать, что при надлежащемъ давленіи каждая жидкость можетъ переходить въ газъ безъ перерыва непрерывности [2]). Кромѣ того Андрьюсъ считаетъ жидкое состояніе промежуточнымъ между твердымъ и газообразнымъ состояніями. Есть разныя указанія на то, что процессъ плавленія не совершенно рѣзокъ; и считается вѣроятнымъ, что еслибы произвести опыты при надлежащихъ давленіяхъ, то всякое твердое тѣло незамѣтными ступенями переходило бы въ жидкое состояніе и дальше въ газообразное.

---

[1]) Life of Faraday, v. II. p. 7.

[2]) Nature, v. II. p. 278.

Эти открытія проложили путь самымъ важнымъ и основнымъ обобщеніямъ, и весьма вѣроятно, что и во многихъ другихъ случаяхъ явленія считающіяся теперь различными, окажутся различными степенями одного и того же процесса. Грэмъ былъ того мнѣнія, что химическое сродство отличается только степенью отъ обыкновеннаго притяженія (сцѣпленія), которое удерживаетъ вмѣстѣ разныя частички тѣла. Онъ нашелъ, что сѣрная кислота продолжаетъ развивать теплоту, даже когда она смѣшивается съ 50 эквивалентомъ воды, такъ что повидимому нѣтъ опредѣленной границы для химическаго сродства. Онъ приходитъ къ тому заключенію, что «есть основаніе думать, что химическое сродство на своихъ низшихъ ступеняхъ переходитъ въ притяженіе сцѣпленія» ¹).

Атомистическая теорія прочно установлена, но ея границы еще не опредѣлены. Какъ показалъ Грове, мы можемъ, взявши достаточто большія кратныя, выразить всякое соединеніе или смѣсь элементовъ въ числахъ ихъ эквивалентныхъ вѣсовъ ²). І. Томсонъ высказалъ предположеніе, что способность свойственная растительному волокну, овсяной мукѣ и другимъ веществамъ притягивать и сгущать водяной паръ тоже вѣроятно непревывна или тожествена съ капилярнымъ, которое можетъ противодѣйствовать давленію водянаго пара и помогать его сгущенію ³). Есть много случаевъ такъ называемаго каталитическаго дѣйствія соприкосновеніемъ, каковы напримѣръ необыкновенная способность животнаго угля притягивать органическія вещества или способность губчатой платины сгущать водородъ; на нихъ можно смотрѣть только какъ на крайніе случаи болѣе общей способности притяженія. Число веществъ разлагающихся отъ свѣта быстро и явственнымъ образомъ весьма ограничено; но многія вещества, какъ напримѣръ растительныя краски, измѣняются отъ продолжительнаго свѣта; па основаніи принципа непрерывности мы можемъ ожидать, что всѣ роды матеріи претерпѣваютъ большія или меньшія измѣненія отъ дѣйствія падающихъ на нихъ свѣтовыхъ лучей ⁴). Грове держался того мнѣнія, что вездѣ, гдѣ проходитъ электрическій токъ, замѣчается тенденція къ разложенію, къ напряженію частицъ, которое если оно сильно, ведетъ къ разрыву ихъ. Можно думать, что даже металлическая про-

---

¹) Journal of the Chem. Soc., v. VIII. p. 51.

²) Correlation of Physical Forces, 3 ed. p. 184.

³) Phil. Mag. 4 ser. v. XLIII. p. 451.

⁴) Грове, Cor. of Phys. Forces, 3 sd. p. 118.

водящая проволока стремится къ разложенію. Деви вѣроятно былъ правъ, когда представлялъ электричество какъ химическое сродство дѣйствующее на массы или лучше, какъ полагалъ Грове, производящее возмущеніе черезъ цѣпь частицъ [1]). Лапласъ шелъ еще дальше и предполагалъ, что всѣ химическія явленія могутъ быть результатомъ Ньютоновскаго закона тяготѣнія, примѣняющагося къ атомамъ различной массы и положенія; но вѣроятно еще далеко то время, когда прогрессъ молекулярной физики и математическихъ методовъ дастъ возможность подтвердить или опровергнуть такое обобщеніе.

Законъ непрерывности.

Подъ категорію закона непрерывности мы можемъ подвести многія примѣненія общаго принципа умозаключенія, что то, что вѣрно объ одномъ случаѣ, будетъ вѣрно и о подобныхъ ему случаяхъ и вѣроятно вѣрно о томъ, что вѣроятно подобно ему. Вездѣ, гдѣ мы находимъ, что законъ или подобіе строго соблюдаются до извѣстнаго пункта во времени или пространствѣ, мы можемъ ожидать съ высокою степенью вѣроятности, что онъ будетъ продолжать соблюдаться хоть немного дальше. Если мы видимъ только часть круга, то естественно ожидаемъ, что круговая форма будетъ продолжаться и въ части скрытой отъ насъ. Если тѣло двигалось равномѣрно на извѣстномъ пространствѣ, то мы ожидаемъ, что оно и дальше будетъ двигаться равномѣрно. Основаніе такихъ умозаключеній безъ сомнѣнія тожественно съ основаніемъ другихъ индуктивныхъ умозаключеній. При непрерывномъ движеніи каждое безконечно малое пройденное пространство есть отдѣльный составной фактъ и если бы мы имѣли совершеннѣйшія средства наблюденія, то малѣйшее конечное движеніе заключало бы въ себѣ множество указаній, которыя по принципу обратнаго метода вѣроятностей дали бы намъ возможность умозаключить съ достовѣрностью о дальнѣйшей безконечно малой части проходимаго пути. Но когда мы пытаемся умозаключить отъ одной конечной части пути къ другой конечной части, то умозаключеніе будетъ болѣе или менѣе вѣроятнымъ, смотря по сравнительной длинѣ путей и по точности наблюденія; чѣмъ продолжительнѣе нашъ опытъ, тѣмъ вѣроятнѣе будетъ наше умозаключеніе; чѣмъ больше длина времени, на которое простирается умозаключеніе, тѣмъ менѣе оно будетъ вѣроятно.

Этотъ принципъ непрерывности представляется въ природѣ въ большомъ разнообразіи формъ и случаевъ. Обыкновенно онъ выражается аксіомой natura non agit per saltum (природа не дѣйствуетъ скачками). Грэмъ выражаетъ это правило такъ, что въ природѣ нѣтъ рѣзкихъ переходовъ и что различія между классами никогда не бываютъ абсолютными [1]). Всегда есть какое нибудь предуказаніе или предупрежденіе о всякомъ явленіи, и каждое измѣненіе начинается незамѣтными ступенями, если бы мы могли точно наблюдать его. Пушечное ядро вылетаетъ изъ пушки въ незамѣтный моментъ времени; для нашихъ чувствъ зажиганіе запала, воспламененіе пороха и выталкиваніе ядра представляются одновременными. Но нѣтъ сомнѣнія, что каждая часть процесса требуетъ времени и что ядро начинаетъ двигаться сначала съ безконечною медленностью. Капитанъ Нобль измѣрилъ посредствомъ своего хроноскопа быстроту выстрѣла изъ 300-фунтоваго орудія и нашелъ, что все движеніе внутри канала совершается менѣе чѣмъ въ одну 200 часть секунды. Несомнѣнно, что никакая конечная сила не можетъ произвести движенія иначе, какъ въ конечный промежутокъ времени. Количество движенія, сообщаемаго тѣлу, пропорціонально ускоряющей силѣ помноженной на время, въ теченіи котораго она дѣйствуетъ равномѣрно. Такъ слабая сила производитъ большую скорость только продолжительнымъ дѣйствіемъ. Въ сильномъ толчкѣ, какъ напр. при столкновеніи на желѣзныхъ дорогахъ, при ударѣ молотка о наковальню, при выстрѣлѣ изъ орудія, время весьма коротко и поэтому ускоряющія силы весьма велики, но никогда не безконечны. Въ большихъ орудіяхъ воспламеняющійся порохъ производитъ, говорятъ, въ первый моментъ силу, равную по крайней мѣрѣ 2800000 лошадиныхъ силъ.

---

[1]) Ibid. p. 166, 199 etc.

Наша вѣра въ нѣкоторые изъ основныхъ законовъ природы основывается на принципѣ непрерывности. Галилей считается первымъ естествоиспытателемъ, который сознательно употреблялъ этотъ принципъ въ своихъ аргументахъ относительно природы движенія, и несомнѣнно, что однимъ опытомъ мы никогда не можемъ убѣдиться въ истинѣ даже перваго закона движенія. Матеріальная частица, гласитъ этотъ законъ, если на нее не дѣйствуютъ постороннія силы, продолжаетъ оставаться въ одномъ и томъ же состояніи покоя или движенія. Можетъ быть это и вѣрно, но какъ мы можемъ доказать это, когда нѣтъ возможности найти ни одного тѣла, свободнаго отъ дѣйствія внѣшнихъ причинъ? Только тѣмъ наблюденіемъ, что чѣмъ меньше количество этихъ силъ, тѣмъ болѣе вѣрнымъ оказывается законъ. Шаръ, катящійся по неровной поверхности, скоро останавливается; но катясь по гладкому полу, онъ дольше остается въ движеніи. Искусно подвѣшенный маятникъ почти вовсе не трется о свою поддержку, но движеніе его постепенно останавливается вслѣдствіе сопротивленія воздуха; помѣстите его въ безвоздушное пространство, и онъ будетъ качаться гораздо дольше. Большая планета, какъ напр. Юпитеръ, испытываетъ почти безконечно меньшее треніе сравнительно съ своимъ громаднымъ количествомъ движенія, чѣмъ какое мы можемъ получить экспериментально, и мы находимъ, что въ этомъ случаѣ нѣтъ ни малѣйшихъ указаній на невѣрность закона. Такимъ образомъ опытъ показываетъ, что мы неограниченно приближаемся къ равномѣрному движенію, уменьшая возмущающія силы. Актъ умозаключенія даетъ намъ возможность идти дальше опыта и утверждать, что при полномъ отсутствіи всякой посторонней силы движеніе было бы абсолютно равномѣрнымъ. Состояніе покоя есть крайній случай, въ которомъ движеніе безконечно мало или равно нулю и до котораго мы можемъ дойти по принципу непрерывности путемъ послѣдовательнаго представленія случаевъ болѣе и болѣе медленнаго движенія. Есть много классовъ явленій, въ которыхъ восходя постепенно отъ явнаго къ темному, мы можемъ уяснить себѣ природу явленій, которыя иначе остались бы подъ большимъ сомнѣніемъ. Такъ мы можемъ доказать по пріему Галилея, что музыкальный звукъ состоитъ изъ быстрыхъ однородныхъ толчковъ, если устроить такъ, чтобы удары слѣдовали другъ за другомъ черезъ промежутки, которые постепенно уменьшаются до того, что наконецъ отдѣльные удары сливаются въ однородный звукъ или тонъ. Какъ выражается Тиндаль, мы можемъ посредствомъ грубыхъ механическихъ колебаній, приблизиться къ пониманію звуковыхъ колебаній. Слушая игру большаго органа, мы не можемъ не замѣтить, что самыя длинныя трубки или ихъ тоны производятъ дрожаніе зданія. На другомъ концѣ скалы нѣтъ границъ высотѣ звуковъ, какіе мы можемъ слышать; нѣкоторые могутъ слышать звуки слишкомъ пронзительные для другаго слуха, и такъ какъ въ природѣ атмосферы нѣтъ ничего такого, что не допускало бы существованія волнъ гораздо болѣе быстрыхъ, чѣмъ какія мы знаемъ, то мы можемъ заключить по принципу непрерывности, что такія волны вѣроятно существуютъ.

---

[1]) Phil. Trans., 1861. Chem. and. Phys. Research., p. 598.

Есть много привычныхъ дѣйствій, которыя мы совершаемъ, сами не зная какъ. Акты ума совершаются такъ быстро, что анализъ ихъ кажется намъ невозможнымъ. Мы можемъ наблюдать только процессъ ихъ образованія, причемъ замѣчаемъ, что наилучше развитая привычка пріобрѣтается медленно и непрерывно и только въ самыхъ раннихъ фазахъ мы можемъ видѣть раціональную сторону процесса.

Нужно замѣтить, что этотъ принципъ непрерывности имѣетъ много вѣса только въ точныхъ физическихъ законахъ, которые несомнѣнно опираются въ послѣднемъ основаніи на простые законы движенія. Смѣло примѣняя этотъ принципъ ко всѣмъ родамъ явленій, мы часто можемъ дѣлать безошибочныя заключенія, но часто можемъ и ошибаться. Такъ до открытія спектральнаго анализа астрономы думали, что чѣмъ больше будетъ увеличиваться сила ихъ телескоповъ, тѣмъ большее число туманностей окажется состоящимъ изъ отдѣльныхъ звѣздъ. Такой результатъ такъ часто оказывался вѣрнымъ, что предполагалось почти навѣрное, что при достаточно сильныхъ телескопахъ всѣ туманности наконецъ разрѣшатся на звѣзды; но Гуггинсъ доказалъ при помощи спектроскопа, что нѣкоторыя туманности дѣйствительно газообразны и что они настоящія туманности.

Принципъ непрерывности должно быть часто употреблялся въ изслѣдованіяхъ Галилея, Ньютона и другихъ естествоиспытателей, но въ первый разъ онъ былъ отчетливо формулированъ Лейбницемъ. По крайней мѣрѣ онъ первый говорилъ о «законѣ непрерывности» въ письмѣ къ Бейлю, которое было напечатано въ Nouvelles de la Republique des Lettres и извлеченіе изъ котораго напечатано въ собраніи сочиненій Лейбница, изданіе Эрдмана, подъ заглавіемъ: Sur un Principe Général ulile à l'explication des Lois de la Nature [1]). Нѣкоторые утверждали, будто ученіе Ф. Бекона о latens (сокрытый) processus заключало въ себѣ принципъ непрерывности [2]), но я думаю, что это ученіе, также какъ и его ученіе о *природахъ* веществъ, есть просто неопредѣленное выраженіе принципа причинности.

Несостоятельность закона непрерывности.

Есть нѣкоторыя предосторожности, которыя нужно соблюдать при примѣненіи принципа непрерывности. Во первыхъ, въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ этотъ принципъ оказывается вѣрнымъ, онъ можетъ быть несостоятельнымъ вслѣдствіе несовершенства средствъ наблюденія. Хотя физическій законъ и можетъ не допускать совершенно рѣзкаго измѣненія, однако же нѣтъ границъ большему или меньшему приближенію его къ рѣзкости въ измѣненіяхъ. Когда мы нагрѣваемъ кусокъ весьма холоднаго льда, то поглощеніе теплоты, температура и расширеніе льда повидимому измѣняются по простымъ законамъ, пока мы не дойдемъ до нуля по Ц. Тогда все измѣняется; происходитъ огромное поглощеніе тепла безъ всякаго повышенія температуры и объемъ льда уменьшается по мѣрѣ того, какъ онъ обращается въ воду.

Безъ самаго тщательнаго изслѣдованія это измѣненіе кажется совершенно рѣзкимъ; но при внимательномъ наблюденіи оказывается, что есть нѣкоторыя предуказанія; ледъ не обращается въ воду весь вдругъ, но по малымъ долямъ, такъ что все измѣненіе совершается постепенно. Всѣ имѣющія здѣсь мѣсто явленія, если бы ихъ выразить весьма точно, представились бы не ломанными линіями, но непрерывными кривыми съ крутою кривизной, и мы можемъ съ увѣренностью утверждать, что при какихъ бы точкахъ мы ни изслѣдовали температуру льда, но всегда вѣроятно нашлось бы указаніе, хотя и безконечно малое, на рѣзкое повидимому измѣненіе, которое послѣдуетъ при высшихъ температурахъ. Можно указать также и на то, что важные и повидимому простые физическіе законы, каковы напр. законы Бойля и Маріотта, Дальтона и Гей-Люссака и проч., только приблизительно вѣрны и уклоненія отъ простыхъ законовъ суть предуказанія рѣзкихъ перемѣнъ, которыя въ противномъ случаѣ казались бы нарушеніемъ закона непрерывности.

---

[1]) Life of Sir W. Hamilton, p. 439.

[2]) Поуэлль, History of Natural Philosophy, p. 201.

Во-вторыхъ, нужно помнить, что математическіе законы сколько нибудь сложные вѣроятно представляютъ особенные случаи или отрицательные результаты, которые могутъ имѣть видъ нарушенія непрерывности, какъ напр. тотъ случай, когда законъ преломленія вдругъ представляетъ намъ внезапный перерывъ въ явленіи полнаго внутренняго отраженія. Однако по волнообразной теоріи не происходитъ никакого дѣйствительнаго измѣненія въ законѣ между преломленіемъ и отраженіемъ. Фаредей въ самомъ началѣ своей ученой карьеры нашелъ такъ много веществъ обладающихъ магнитной способностью, что отважился на большое обобщеніе и утверждалъ, что всѣ тѣла имѣютъ магнитныя свойства желѣза. Его ошибка, какъ онъ открылъ впослѣдствіи, состояла въ томъ, что онъ не замѣтилъ того факта, что нѣкоторыя вещества, хотя и магниты въ извѣстномъ смыслѣ, однако имѣютъ отрицательный магнетизмъ, и магнитъ вмѣсто того чтобы притягивать, отталкиваетъ ихъ.

Въ третьихъ, мы можемъ ожидать найти однородный математическій законъ тамъ, гдѣ въ дѣйствительности этотъ законъ въ извѣстныхъ пунктахъ подвергается внезапному измѣненію, такъ что можетъ быть дѣйствительный перевывъ. Иногда мы можемъ подвергаться опасности подвести подъ одинъ законъ такія явленія, которыя въ дѣйствительности относятся къ разнымъ законамъ. Напр. полый шаръ однородной матеріи притягиваетъ внѣшнюю частичку матеріи съ силою измѣняющеюся обратно пропорціонально квадрату разстоянія отъ центра шара. Но этотъ законъ оказывается вѣрнымъ только тогда, когда частичка находится внѣ шара. Внутри же шара законъ будетъ совершенно иной, и собирательная тяжесть шара становится нулемъ, такъ какъ сила въ каждомъ направленіи нейтрализуется совершенно равной противоположной

---

* Если безконечно малая частичка будетъ находиться въ поверхности

конъ опять будетъ иной, и притягательная сила шара будетъ въ половину меньше того, какъ относительно частицъ безконечно близкихъ къ поверхности шара. Такимъ образомъ при приближеніи съ извѣстнаго разстоянія къ центру шара законъ тяжести показываетъ двойной перерывъ при переходѣ черезъ стѣнку шара [1]).

Кромѣ того подлежитъ еще сомнѣнію, дѣйствительно ли перерывы неизвѣстны въ природѣ. Мы постоянно встрѣчаемся съ событіями, которыя представляютъ настоящіе перерывы, хотя эти перерывы могутъ быть знакомъ, что стала дѣйствовать какая нибудь независимая причина. Если обыкновенный ходъ приливо-отливовъ прерывается громадною неправильною волною, то мы приписываемъ ее землетрясенію или какому нибудь гигантскому естественному возмущенію. Если метеорный камень падаетъ на человѣка и убиваетъ его, то очевидно, что это есть перерывъ въ его жизни, относительно котораго онъ не имѣлъ никакихъ предуказаній. Внезапный звукъ можетъ пронестись по воздуху, не предшествуемый и не сопровождаемый никакимъ непрерывнымъ дѣйствіемъ. Хотя такимъ образомъ мы можемъ смотрѣть на законъ непрерывности какъ на принципъ природы, оказывающійся строго вѣрнымъ во многихъ отношеніяхъ естественныхъ силъ, однако трудно указать границы, въ которыхъ его можно считать доказаннымъ. При примѣненіи его требуется большая осторожность.

Отрицательныя доказательства принципа непрерывности.

Изъ принципа непрерывности мы можемъ иногда выводить аргументы большой силы для доказательства невозможности гипотезы, если она предполагаетъ непрерывное повтореніе процесса до безконечности, или же чисто произвольный перерывъ въ какомъ нибудь пунктѣ. Пресловутая теорія воспроизведенія Бонне представляла, что каждое живое существо содержитъ въ себѣ зародыши, которые служатъ представителями слѣдующаго поколѣнія, такъ что на основаніи того же принципа они должны необходимо заключать въ себѣ зародыши еще дальнѣйшаго поколѣнія и такъ далѣе до безконечности. Эта теорія достаточно опровергается сама собою, если только ее ясно изложить, какъ это сдѣлано Генри Бекеромъ въ слѣдующихъ стихахъ поэмы подъ заглавіемъ «Вселенная»:

Каждое сѣмя заключаетъ въ себѣ растеніе; а это растеніе имѣетъ
Опять другія сѣмена, которыя тоже содержатъ другія растенія:
Всѣ эти другія растенія содержатъ свои сѣмена, а эти сѣмена
Опять множество растеній послѣдовательно одни въ другихъ.

---

[1]) Томсонъ и Тетъ, Treatise on Natural Philosophy, v. I, p. 346—351.

Такъ каждая отдѣльная ягода, которую мы находимъ,
Имѣетъ уже въ себѣ реально цѣлый лѣсъ растеній своего рода,
Одинъ жолудь можетъ замѣнить богатство и власть
И дать флоты на тысячу лѣтъ впередъ

Общій принципъ умозаключенія, что то, что мы знаемъ объ одномъ случаѣ, должно быть вѣрно и о подобныхъ случаяхъ, насколько они подобны, не дозволяетъ намъ утверждать ничего такого, чего мы не можемъ примѣнять время отъ времени при одинаковыхъ обстоятельствахъ.

На этомъ принципѣ Стевинусъ построилъ доказательство того, что тяжести находящіяся на двухъ наклонныхъ плоскостяхъ и взаимно уравновѣшивающіяся должны быть пропорціональны длинѣ плоскостей между ихъ вершиною и горизонтальною плоскостью. Онъ воображалъ однородную безконечную цѣпь висящую на плоскостяхъ и спускающуюся внизу симметрическимъ фестономъ. Если бы цѣпь почему нибудь подвинулась отъ тяжести, то она по этому самому основанію должна была бы двигаться постоянно и такимъ образомъ произвести вѣчное движеніе. Но такъ какъ это нелѣпо, то части цѣпи лежащія на плоскостяхъ и равныя по длинѣ плоскостямъ должны уравновѣшивать другъ друга. На такихъ же основаніяхъ мы можемъ опровергать существованіе всякой самодѣйствующей машины; потому что если бы она хоть однажды могла измѣнить сама собою свое состояніе покоя или движенія, хотя бы въ самой малой степени, то нѣтъ основанія, почему бы она не могла дѣлать того же самаго время отъ времени и постоянно въ безконечность. Ньютоновское доказательство третьяго закона движенія относительно тяжести имѣетъ такой же характеръ. Потому что онъ замѣчаетъ, что если два тяготѣющія тѣла обнаруживаютъ не совершенно равныя силы въ противоположныхъ направленіяхъ, то одно изъ нихъ обнаруживающее сильнѣйшее притяженіе увлечетъ другое и оба тѣла будутъ двигаться вмѣстѣ по пространству со скоростью возрастающею въ безконечность. Хотя этотъ аргументъ и достаточно убѣдителенъ, однако Ньютонъ по обычному своему правилу сдѣлалъ экспериментъ съ магнитомъ и желѣзомъ плававшими на поверхности воды [1]). И въ послѣднее время принципъ сохраненія энергіи доказывается предположеніемъ, что никакою комбинаціей естественныхъ тѣлъ нельзя произвести силу изъ ничего и постоянно [2]). Вообще этотъ принципъ можетъ примѣняться въ разныхъ утонченныхъ формахъ.

Лукрецій самымъ остроумнымъ аргументомъ этого рода пытался доказать, что матерія должна быть неразрушима. Потому что если бы какое нибудь количество, какъ бы оно ни было мало, перестало существовать въ какое нибудь конечное время, то нужно было бы предполагать, что равное ему количество уничтожалось во всякій равный промежутокъ времени, такъ что въ теченіи безконечности прошедшаго времени вселенная уже должна была бы прекратить свое существованіе [1]). Но аргументъ, какъ онъ ни остроуменъ, оказывается несостоятельнымъ во многихъ пунктахъ. Если прошедшее время было безконечно, то почему же не предположить, что и матерія можетъ быть безконечною? Было бы раціональнѣе предполагать, что матерія уничтожающаяся въ каждое время пропорціональна матеріи остающейся затѣмъ, а не первоначальному количеству ея; при этомъ предположеніи даже конечное количество первоначальной матеріи не могло бы совершенно исчезнуть изъ вселенной. По такимъ же основаніямъ нельзя считать, что ученіе о сохраненіи энергіи дѣйствительно доказано, и оно никогда ие можетъ быть доказано какъ абсолютно вѣрное, какъ бы оно ни казалось намъ вѣроятнымъ.

---

[1]) Principia, кн. I, зак. III. Выводъ 6.

[2]) Гельмгольцъ, Тейлора Scientific Memoirs, 1853, v. VI, p. 118.

Стремленіе къ поспѣшному обобщенію.

Несмотря на всю силу и выгоды обобщенія, нѣтъ надобности побуждать людей къ обобщеніямъ; и безъ того они слишкомъ расположены выводить поспѣшныя необдуманныя умозаключенія. Какъ говоритъ Ф. Беконъ, наши умы не нуждаются въ крыльяхъ, но скорѣе въ свинцовыхъ тяжестяхъ, чтобы умѣрять ихъ полетъ [2]). Процессъ этотъ неизбѣженъ для человѣческаго ума; онъ начинается въ дѣтствѣ и продолжается всю жизнь и во второе дѣтство. Дитя, однажды ушибшееся, боится подобнаго же результата при всѣхъ подобныхъ случаяхъ и его трудно научить отличать одинъ случай отъ другаго. Главное, что мы должны стараться пріобрѣсть, это осторожность и осмотрительность при принятіи заключеній, и весь опытъ жизни есть одинъ непрерывный урокъ имѣющій эту цѣль. Баденъ Поуэлль прекрасно описалъ это естественное пристрастіе къ поспѣшнымъ умозаключеніямъ и любовь человѣческаго ума находить сходства дѣйствительныя или фантастическія. «Наши первыя индукціи, говоритъ онъ, всегда несовершенны и неосновательны по заключеніямъ; мы приближаемся къ дѣйствительнымъ доказательствамъ посредствомъ послѣдовательныхъ приближеній; и потому мы находимъ, что ложныя обобщенія составляютъ обыкновенную ошибку большей части первыхъ попытокъ научнаго изслѣдованія. Умѣнье обобщать точно и философски требуетъ большой осторожности и долгаго упражненія, и оно не вполнѣ пріобрѣтается, особенно относительно общихъ взглядовъ, даже нѣкоторыми изъ тѣхъ, которые имѣютъ полное право считать себя весьма тщательными научными наблюдателями въ болѣе ограниченной сферѣ. Это умственная привычка, которая пріобрѣтаетъ громадную и сконцентрированную силу вслѣдствіе созерцанія обширныхъ аналогій»[1]).

---

[1]) Lucretius. кн. I. ст. 232—264.

[2]) Novum Organum, кн. I. Афор. 104.

Поспѣшныя и поверхностныя обобщенія всегда были бѣдствіемъ для науки и не трудно было бы привести длинный рядъ примѣровъ подобныхъ обобщеній. Между вещами, которыя одинаковы по числу, есть извѣстное сходство, именно сходство въ числѣ; но въ періодѣ дѣтства науки люди никакъ не хотѣли вѣрить, чтобы сходство въ числѣ не заключало въ себѣ болѣе глубокаго сходства. Пиѳагоръ не былъ изобрѣтателемъ мистической науки чиселъ. Еще въ древнихъ восточныхъ религіяхъ семь металловъ были поставлены въ связь съ семью планетами, а въ семи дняхъ недѣли мы имѣемъ и вѣроятно всегда будемъ имѣть остатокъ седмеричной системы приписываемой Діономъ Кассіемъ древнимъ египтянамъ. Ученики Пиѳагора съ большими подробностями разработали ученіе о числѣ *семь*. Семь дней упоминаются въ книгѣ Бытія; ребенокъ пріобрѣтаетъ зубы въ концѣ седьмаго мѣсяца, а мѣняетъ ихъ къ концу семи лѣтъ; семь футовъ составляютъ границу человѣческаго роста; каждый седьмой годъ считается климактерическимъ или критическимъ годомъ, въ который происходитъ измѣненіе въ организмѣ. Затѣмъ было семь греческихъ мудрецовъ, семь чудесъ свѣта, семь греческихъ игръ, семь воротъ въ Ѳивахъ, семь полководцевъ предназначенныхъ для завоеванія города.

Въ естественныхъ наукахъ есть не только семь планетъ и семь металловъ, но также семь цвѣтовъ радуги и семь тоновъ въ музыкѣ. Эта доктрина пустила такіе глубокіе корни, что мы и до сихъ поръ видимъ ея результаты во многихъ обычаяхъ, не только въ семи дняхъ недѣли, но и въ томъ, что съ семи лѣтъ начинаютъ ученіе, съ четырнадцати лѣтъ или второго климактерика считаютъ половую зрѣлость, а съ двадцати одного года или третьяго климактерика законное совершеннолѣтіе. Таже идея проявилась въ семи таинствахъ римско-католической церкви и въ семилѣтнихъ періодахъ смѣшной системы Конта домашняго богослуженія. Даже въ научныхъ предметахъ высокіе умы иногда поддавались этому предразсудку: такъ напр. Ньютонъ ошибочно принималъ аналогію между семью тонами музыки и семью цвѣтами его спектра. Другія числовыя аналогіи, несмотря на то, что они были отвергнуты Галилеемъ, держали въ рабствѣ Кеплера, который въ теченіи 17 лѣтъ потратилъ не мало труда на числовыя и геометрическія аналогіи самаго неосновательнаго характера; и онъ серьезно утверждалъ, что не можетъ быть болѣе 6 планетъ, потому что существуетъ не болѣе пяти правильныхъ твердыхъ тѣлъ. Даже геній Гюйгенса не спасъ его отъ предположенія, что Сатурнъ долженъ имѣть только одного спутника, потому что онъ вмѣстѣ съ спутниками Юпитера и земли дополнялъ совершенное число шесть. Съ числомъ *шесть* и *семь* была связана цѣлая серія другихъ суевѣрій и заблужденій.

---

[1]) The Unity of Worlds and of Nature, 2 ed. p. 116.

Далѣе, на основаніи ложнаго обобщенія было сдѣлано предположеніе, что законы природы обладаютъ совершенствомъ, которое мы приписываемъ простымъ формамъ и отношеніямъ. Думали, что небесныя тѣла должны двигаться по кругамъ, потому что кругъ есть совершенная фигура. Ньютонъ повидимому признавалъ сомнительную аксіому, что природа дѣйствуетъ всегда простѣйшимъ образомъ; высказавши свое первое правило философствованія, онъ прибавляетъ: «поэтому философы говорятъ, что природа не дѣлаетъ напрасно ничего большаго, если для цѣли достаточно меньшее; потому что природа любитъ простоту и не позволяетъ себѣ роскоши излишнихъ причинъ» [1]. Кейль считаетъ аксіомой, что причины естественныхъ вещей всегда самыя простыя и достаточныя для объясненія явленія: потому что природа всегда употребляетъ самые простые и самые дѣйствительные способы; потому что только такимъ способомъ дѣйствій наиболѣе проявляется божественная премудрость» [2]. Если бы эта аксіома и имѣла какія нибудь болѣе ясныя основанія, то она конечно непримѣнима къ приблизительнымъ законамъ; потому что если даже послѣдній законъ и простъ, то результаты могутъ быть безконечно различны, какъ напр. въ различныхъ эллиптическихъ, гиперболическихъ, параболическихъ или круговыхъ орбитахъ небесныхъ тѣлъ. Простота пріятна конечно уму съ конечными способностями, но для безконечнаго ума всѣ вещи просты.

Каждый большой прогрессъ въ наукѣ состоитъ въ большомъ обобщеніи, указывающемъ глубокія и тонкія сходства. Коперникова система была обобщеніемъ въ томъ смыслѣ, чта она включила землю въ число планетъ; это было, какъ выражается Б. Вилькинсъ, «открытіе новой планеты»; но ему было противопоставлено болѣе мелкое обобщеніе. Люди основывавшіе свои заключенія на положеніи вещей на земной поверхности думали, что каждый предметъ долженъ быть къ чему нибудь прикрѣпленъ или держаться на чемъ нибудь. Ужели, говорили они, только одна земля остается совершенно свободною и неприкрѣпленною? Привыкши къ извѣстнымъ спеціальнымъ результатамъ тяжести, они не могли себѣ представить дѣйствія ея при значительно различныхъ обстоятельствахъ [1]. Ни одинъ торопливый мыслитель не могъ бы понять глубокой аналогіи, указанной между маятникомъ и планетой, въ сущности вѣрной, хотя и ошибочной въ нѣкоторыхъ подробностяхъ. Всѣ успѣхи новой науки вытекали изъ воззрѣнія Галилея, что въ небесныхъ тѣлахъ, какъ бы ни было различно ихъ видимое состояніе, мы признаемъ наконецъ тѣже самые основные принципы механики, которые вѣрны на землѣ.

---

[1] Principia, кн. III. ad initium.

[2] Кейль, Introduction to Natural Philosophy, p. 89.

Обобщеніе есть большая прерогатива ума, но ее нужно употреблять въ дѣло съ большою осторожностью и послѣ долгаго упражненія. Каждый умъ долженъ обобщать, но существуетъ громадная разница въ глубинѣ открываемыхъ сходствъ и въ той тщательности, съ какою повѣряется открытіе. Есть какая то врожденная проницательность, которою обладаютъ немногіе и которая даетъ имъ возможность, конечно не безъ труда и временныхъ ошибокъ, открывать одно во многомъ. Могутъ существовать очень сильные умы, которые однако имѣютъ способность мелкаго различенія и накопленія въ сокровищницѣ памяти обширнаго запаса словъ и случаевъ. Но способность открытія принадлежитъ болѣе ограниченному классу умовъ. Лапласъ говоритъ, что изъ всѣхъ открывателей наиболѣе содѣйствовавшихъ прогрессу человѣческаго знанія Ньютонъ и Лагранжъ обладали въ высшей степени счастливымъ тактомъ отличать общіе принципы среди множества затемняющихъ ихъ предметовъ, и онъ считалъ этотъ тактъ настоящимъ характеристическимъ признакомъ научнаго генія [2].

---

[1] Іеремій Горрокса, Opera Posthuma, 1673, p. 26, 27.

[2] Юнгъ, Works, v. II. p. 564.

ГЛАВА XXVIII.

АНАЛОГІЯ.

Какъ мы видѣли въ предыдущей главѣ, обобщеніе незамѣтно переходитъ въ умозаключеніе по аналогіи, и разница между ними только въ степени. Мы обобщаемъ тогда, когда во многихъ предметахъ находимъ сходство по немногимъ качествамъ, такъ что это сходство скорѣе обширное, чѣмъ глубокое. Но когда мы мыслимъ о немногихъ предметахъ, но открываемъ много пунктовъ сходства, тогда мы по аналогіи умозаключаемъ, что соотвѣтствіе здѣсь глубже, чѣмъ оно кажется. Можетъ быть эти термины не всегда употребляются въ такихъ рѣзко отличныхъ значеніяхъ, такъ какъ вообще существуетъ большая неопредѣленность въ употребленіи этихъ и многихъ логическихъ терминовъ; но если вообще существуетъ какое нибудь ясное различіе между обобщеніемъ и аналогіей, то оно можетъ быть только такое, какое указано здѣсь нами.

Однако говорятъ, что аналогія обозначаетъ сходство не между вещами, но между отношеніями вещей. Капитанъ корабля конечно не то, что первый министръ, но онъ имѣетъ такое же отношеніе къ кораблю, какъ первый министръ къ государству, такъ что мы можемъ аналогически описывать перваго министра какъ капитана корабля. Человѣкъ еще больше отличается отъ лошади, тѣмъ не менѣе четыре человѣка имѣютъ такое же отношеніе къ тремъ человѣкамъ, какъ четыре лошади къ тремъ лошадямъ. Существуетъ дѣйствительная аналогія между тонами монохорда, греческими мудрецами и ѳивскими воротами, но она не простирается дальше того факта, что всѣхъ ихъ счетомъ было семь. Между самыми различными понятіями, каковы напр. понятія пространства и времени можетъ существовать аналогія обусловливаемая тѣмъ фактомъ, что математическія условія теченія времени и движенія по линіи подобны. Нѣтъ реальнаго тожества между словомъ и вещью, которую оно обозначаетъ; вещество *желѣзо* есть нѣчто тяжелое и твердое, но слово *желѣзо* есть или временное возмущеніе воздуха или слой чернаго вещества на бѣлой бумагѣ; однако существуетъ аналогія между словомъ и его значеніемъ. Вещество желѣзо такъ относится къ веществу углекислое желѣзо, какъ названіе желѣзо къ названію углекислое желѣзо, когда эти названія употребляются согласно съ ихъ научными опредѣленіями. Все строеніе языка и вся польза знаковъ, символовъ, картинъ и образныхъ представленій всякаго рода основывается на аналогіи. Я надѣюсь когда нибудь подробнѣе разобрать этотъ важный предметъ и постараюсь показать, какимъ образомъ изобрѣтеніе знаковъ даетъ намъ возможность выражать, направлять и записывать наши мысли. Здѣсь достаточно будетъ замѣтить, что употребленіе словъ постоянно предполагаетъ самыя тонкія аналогіи; мы часто затруднялись бы, какъ выразить какое нибудь понятіе, если бы не имѣли возможности употреблять въ метафорическомъ смыслѣ названіе чего нибудь другаго сходнаго съ нимъ. Мы не имѣли бы выраженія для сладости мелодіи или для блеска рѣчи, если бы не заимствовали его отъ вкуса меда и блеска факела.

Бѣглое разсмотрѣніе значеній, въ какихъ употребляется слово аналогія въ обыкновенной рѣчи, показываетъ, что оно выражаетъ всѣ степени сходства или подобія. Аналогія можетъ состоять только въ подобіи числа или отношенія, или въ подобныхъ отношеніяхъ времени и пространства. Она можетъ также состоять въ простомъ сходствѣ между физическими свойствами. Мы не уклонились бы отъ обыкновеннаго словоупотребленія, если бы сказали, что существуетъ аналогія между желѣзомъ, никелемъ и кобальтомъ, обнаруживающаяся въ силѣ ихъ магнитныхъ способностей. Есть еще болѣе совершенная аналогія между іодомъ и хлоромъ, но не въ томъ слыслѣ, что каждое свойство іода тожественно съ соотвѣтствующимъ свойствомъ хлора, потому что они тогда были бы однимъ и тѣмъ же веществомъ, а не двумя веществами, а въ томъ, что каждое свойство іода сходно во всемъ кромѣ степени съ какимъ нибудь свойствомъ хлора. Потому что для каждаго почти вещества содержащаго въ своемъ составѣ іодъ найдется соотвѣтствующее вещество содержащее хлоръ, такъ что мы съ увѣренностью можемъ заключать отъ соединеній одного къ соединеніямъ другаго вещества. Іодистый калій кристаллизуется въ кубахъ; поэтому можно ожидать, что и хлористый калій также кристаллизуется въ кубахъ. Химія, какъ она развилась въ настоящее время, основывается почти всецѣло на тщательномъ и обширномъ сравненіи свойствъ веществъ, открывающемъ глубокія аналогіи. Когда встрѣчается какое нибудь новое вещество, то химикъ при изслѣдованіи его руководствуется аналогіями, какія оно представляетъ съ извѣстными уже веществами.

Въ этой главѣ я не могу разъяснить всеобъемлющаго вліянія аналогіи въ человѣческомъ мышленіи и наукѣ. Какъ уже было сказано, всякая наука съ самаго начала возникаетъ вслѣдствіе открытія тожества, и аналогія есть только названіе, которымъ мы обозначаемъ глубоко лежащіе случаи сходства. Я только постараюсь показать, какимъ образомъ аналогія между повидимому различными классами явленій часто служитъ руководствомъ къ открытію. Путемъ ея мы обыкновенно получаемъ первое понятіе о природѣ повидимому единственнаго въ своемъ родѣ предмета и по мѣрѣ развитія науки часто открываемъ, что мы во второй разъ только въ новой формѣ имѣемъ дѣло съ явленіями, которыя уже хорошо извѣстны намъ только въ другой формѣ.

Аналогія какъ руководство къ открытію.

Нѣтъ сомнѣнія, что открытіе чаще всего дѣлается по указаніямъ даваемымъ аналогіей, какъ замѣтилъ Іеремія Бентамъ [1]). Какое бы явленіе ни встрѣтилось намъ, первымъ стремленіемъ ума бываетъ связать его съ наиболѣе близко похожимъ явленіемъ. Если бы намъ встрѣтилась вещь совершенно своеобразная, не представляющая никакой аналогіи ни съ чѣмъ, то мы не въ состояніи были бы изслѣдовать ея природу иначе какъ только посредствомъ случайныхъ пробъ ощупью. Вѣроятность успѣха при такомъ пріемѣ такъ слаба, что гораздо лучше руководиться хотя самыми неясными указаніями. Какъ я уже говорилъ, возможные опыты почти безконечны по числу и весьма многочисленны могутъ быть гипотезы, которыми можно руководиться. Но очевидно само собою, что хотя бы при одномъ способѣ успѣхъ былъ и немногимъ вѣроятнѣе, чѣмъ при другомъ, однако всетаки сначала нужно пробовать наиболѣе вѣроятный.

Химикъ, открывши вещество кажущееся ему новымъ элементомъ, имѣетъ передъ собою безчисленное множество способовъ обработывать и изслѣдовать его. Если въ какомъ нибудь изъ своихъ качествъ вещество представляетъ сходство напр. съ щелочнымъ металломъ, то онъ естественно начнетъ пробовать, не имѣетъ ли оно и другихъ свойствъ щелочныхъ металловъ. Даже самое простое явленіе представляетъ столь много пунктовъ заслуживающихъ вниманія, что можетъ быть почти столько же гипотезъ.

Трудно было бы найти другой болѣе поучительный примѣръ того, какимъ руководствомъ для ума можетъ служить аналогія, чѣмъ описаніе того хода мысли, который повелъ Д. Гершеля къ теоретическому предуказанію одного изъ величайшихъ открытій Фаредея. Гершель замѣтилъ, что винтообразная форма, технически называемая геликоидальной диссимметріей, была наблюдаема въ трехъ случаяхъ, именно въ электрическихъ спираляхъ, плагіэдральныхъ кристаллахъ кварца и при вращеніи плоскости поляризаціи свѣта. «Я, разсказываетъ онъ, разсуждалъ такъ: есть три явленія сходныя между собою по весьма странной особенности. Вѣроятно эта особенность есть звено связывающее ихъ. Относительно кристалловъ и свѣта эта вѣроятность обратилась въ достовѣрность вслѣдствіе моихъ экспериментовъ. Поэтому индукція привела меня къ заключенію, что подобная связь существуетъ и что такъ или иначе она можетъ быть обнаружена между электрическимъ токомъ и поляризованнымъ свѣтомъ и что магнито-электричество должно вращать плоскость поляризаціи [1])». Этимъ путемъ аналогіи Гершель дѣйствительно предуказалъ великое открытіе Фаредея о вліяніи магнитной силы на поляризованный свѣтъ. Въ 1822—25 г. онъ старался открыть вліяніе электричества на свѣтъ, пропуская лучъ поляризованнаго свѣта черезъ спираль или близъ проволоки проводящей электрическій токъ. Этотъ же путь изслѣдованія пройденный Фаредеемъ съ его настойчивостью и его экспериментальными рессурсами привелъ его къ открытію. Гершель высказалъ догадку, что плагіэдральная форма кристалловъ кварца зависитъ отъ винтообразнаго напряженія во время кристаллизаціи; но это еще не подтверждено опытомъ.

---

[1]) Essay on Logic, Works, v. VIII. p. 276.

Аналогія въ математическихъ наукахъ.

Всякій желающій пріобрѣсти глубокое познаніе о природѣ долженъ имѣть въ виду, что существуютъ аналогіи, которыя связываютъ параллельнымъ образомъ цѣлыя отрасли науки и даютъ намъ возможность умозаключать объ одномъ классѣ явленій то, что мы знаемъ о другомъ. И бывало въ нѣсколькихъ случаяхъ, что открытіе неподозрѣвавшейся аналогіи между двумя отраслями знанія было исходною точкою для быстраго хода открытій. Истины легко наблюдаемыя въ одной отрасли могутъ имѣть иной характеръ, чѣмъ истины обнаруживающіяся въ другой. Аналогія, однажды указанная, приводитъ насъ къ открытію областей науки еще не разработанной, ключомъ къ которымъ служатъ соотвѣтствующія истины въ другой наукѣ. Такимъ образомъ можетъ происходить обмѣнъ помощи удивительный по своимъ результатамъ, и въ тоже время умъ возвышается къ болѣе высокимъ обобщеніямъ и къ болѣе обширному взгляду на природу.

Съ перваго взгляда можетъ показаться, что нѣтъ другихъ столь различныхъ по своему предмету наукъ какъ геометрія и алгебра. Первая имѣетъ дѣло съ кругами, квадратами, параллелограмами и другими формами пространства; вторая же занимается просто символами чиселъ. До времени Декарта эти науки развивались медленно и съ трудомъ, почти въ совершенной независимости одна отъ другой. Однако греческіе философы не могли не замѣтить случайныхъ аналогій; такъ напр. Платонъ въ Теэтетѣ описываетъ квадратное число какъ *равно равное*, а число получающееся отъ помноженія двухъ неравныхъ множителей называлъ *продолговатымъ*. Эвклидъ въ 7 и 8 книгахъ своихъ *Элементовъ* постоянно употребляетъ выраженія указывающія на то, что онъ сознавалъ тѣже аналогіи; такъ напр. число состоящее изъ двухъ множителей онъ называетъ *плоскимъ числомъ* и отличаетъ плоское число отъ квадратнаго числа состоящаго изъ двухъ равныхъ множителей и названнаго имъ равностороннимъ числомъ. Онъ также называетъ корень кубическаго числа его стороною. Въ Діофантовской алгебрѣ многія задачи геометрическаго характера были разрѣшены посредствомъ алгебраическихъ или числовыхъ дѣйствій; но общей системы не существовало, такъ что рѣшенія имѣли случайный характеръ. Вообще древніе сдѣлали болѣе успѣховъ въ геометрическихъ чѣмъ въ символическихъ методахъ; такъ Эвклидъ въ своей 4 книгѣ даетъ средства раздѣлить кругъ чисто геометрическимъ способомъ на 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 16, 20, 24, 30 частей, но онъ былъ совершенно незнакомъ съ теоріей корней единицы вполнѣ соотвѣтствующей этому дѣленію круга.

---

[1] Life of Faraday, Б. Джонса, v. II., p. 206.

Въ теченіи среднихъ вѣковъ напротивъ алгебра ушла дальше геометріи и были постепенно открыты способы рѣшенія уравненій тѣми, которые и понятія не имѣли о томъ, что съ каждымъ шагомъ они не прямо рѣшали и геометрическія задачи. Правда Регіомонтанусъ, Тарталья, Бомбелли и можетъ быть другіе прежніе алгебраисты рѣшали отдѣльныя геометрическія задачи при помощи алгебры; но при этомъ всегда употреблялись отдѣльныя числа и у нихъ не видно было представленія объ общемъ методѣ. Віета до нѣкоторой степени предупредилъ окончательное открытіе и при случаѣ геометрически выражалъ корни уравненія; но только Декарту суждено было показать въ самомъ общемъ видѣ, что всякое уравненіе можетъ быть представлено кривою или фигурою въ пространствѣ и что каждый изгибъ, точка, пересѣченіе или другая особенность кривой указываетъ на какую нибудь особенность въ уравненіи. Невозможно оцѣнить надлежащимъ образомъ важность этого открытія. Выгода отъ него была двоякая: алгебра помогла геометріи, а геометрія оказала взаимную помощь алгебрѣ. Кривыя, какъ напримѣръ извѣстныя коническія сѣченія оказались соотвѣтствующими квадратнымъ уравненіямъ; невозможно было трактовать уравненія безъ того, чтобы не открыть свойствъ этихъ важныхъ кривыхъ. Такимъ образомъ положенъ былъ путь къ алгебраическому трактованію движеній и силъ, безъ котораго Ньютонъ не могъ бы произвести свои Principia. Однако Ньютонъ имѣлъ сильное пристрастіе къ старымъ геометрическимъ методамъ; но всетаки извѣстно, что онъ употреблялъ символическіе методы для открытія своихъ теоремъ и употребляя при случаѣ алгебраическія выраженія, тѣмъ самымъ призналъ ихъ большую силу и общность.

Съ другой стороны геометрія оказала большую помощь алгебрѣ, давая конкретныя представленія отношеній, которыя въ противномъ случаѣ не легко было бы понимать вслѣдствіе ихъ абстрактности. Кривая небольшой сложности можетъ дать намъ всю исторію измѣненій величины какого нибудь затруднительнаго математическаго выраженія. Кромѣ того, какъ только мы узнали, что каждая правильная геометрическая кривая представляетъ какое нибудь алгебраическое уравненіе, сейчасъ же наблюденіе механическихъ движеній даетъ намъ много указаній относительно открытія математическихъ проблемъ. Каждая частица колеса движущагося по ровному мѣсту постоянно описываетъ циклоидальную кривую, любопытныя свойства которой занимали собою остроуміе самыхъ искусныхъ математиковъ XVII вѣка и повели къ важнымъ увеличеніямъ математическихъ рессурсовъ. Можно думать, что открытіемъ дифферецiальнаго исчисленія математика главнымъ образомъ обязана геометрической аналогіи, потому что математики, пытаясь трактовать алгебраически касательную кривой, должны были придти къ понятію о безконечно малыхъ количествахъ [1]). Нѣтъ сомнѣнія, что Ньютоновскій геометрическій способъ выраженія дифференціальнаго исчисленія, какъ сильно ни замедлилъ впослѣдствіи его прогрессъ въ Англіи, однако сначала много облегчилъ его пониманіе и по моему мнѣнію почти несомнѣнно, что Ньютонъ открылъ принципы исчисленія геометрически.

Слѣдовательно, мы можемъ смотрѣть на это открытіе аналогіи, на этотъ счастливый союзъ, какъ назвалъ его Боссю [2]), между геометріей и алгеброй какъ на главный источникъ открытій, которыя были сдѣланы въ математическихъ методахъ въ теченіи трехъ послѣднихъ столѣтій. Таково же было и мнѣніе Лагранжа, который говоритъ: «пока алгебра и геометрія были раздѣлены, ихъ прогрессъ былъ медленъ и ихъ примѣненіе ограниченно; но съ тѣхъ поръ какъ эти двѣ науки соединились, они сообщили другъ другу свою силу и вмѣстѣ быстро пошли къ совершенству».

---

[1]) Лакруа, Traité 'Elementaire de Calcul Differentiel et de Calcul Integral, 5 ed. p. 699.

[2]) Histoire des Mathematiques, v. I. p. 298.

Аналогія также много содѣйствовала и прогрессу механики. Абстрактное и неуловимое существо называемое силой требовало большаго умственнаго напряженія для его представленія, но линія могла служить совершеннымъ конкретнымъ выраженіемъ ея, причемъ конецъ ея представляетъ точку приложенія силы, а направленіе ея направленіе дѣйствующей силы, между тѣмъ какъ длина линіи можетъ условно выражать количество силы.—Но аналогія этимъ не оканчивается; потому что было найдено, что количество дѣйствія силы на какую нибудь точку или произведеніе ея на перпендикулярное разстояніе ея линіи дѣйствія отъ точки можетъ быть выражено площадью, именно удвоенною площадью треугольника между точкою и концами линіи представляющей силу. Въ послѣдніе годы сдѣлано было большое обобщеніе: двойная алгебра де Моргана оказывается вѣрной не только для отношеній пространства, но и силъ, такъ что треугольникъ силъ сводится къ случаю чисто геометрическаго сложенія. Мало того, треугольникъ линій, треугольникъ силъ, треугольникъ скоростей и можетъ быть другія подобныя теоремы сводятся по аналогіи къ одной простой теоремѣ, которая состоитъ въ томъ, что есть два пути достигнуть отъ одной угловой точки треугольника до другой, и эти пути хотя различны по длинѣ, но тожественны по своему конечному результату [1]. Въ системѣ кватерніоновъ У. Р. Гамильтона эти аналогіи воплощены и развиты самымъ общимъ образомъ, такъ что всякая задача заключающая въ себѣ три измѣренія пространства или какія нибудь отношенія аналогичныя съ отношеніями пространства рѣшаются символическимъ методомъ до очевидности простымъ.

Нужно еще прибавить, что открытію аналогіи между формами математическихъ выраженій мы обязаны наибольшимъ прогрессомъ въ логикѣ. Буль основалъ свое расширеніе логическаго прогресса на томъ понятіи, что логика есть алгебра двухъ количествъ 0 и 1. Его геніальность въ символическихъ изслѣдованіяхъ привела его путемъ аналогіи къ той мысли, что должна существовать общая система логической индукціи, которой только нѣкоторые отрывки были схвачены стариками логиками. Хотя онъ и ошибался, ставя алгебру столь же высоко какъ и логику, но никто не станетъ отрицать того, что развитіе болѣе сложной и зависимой науки далеко опередило развитіе болѣе простой науки и что Буль, указавши связь между этими науками, сдѣлалъ одно изъ важнѣйшихъ открытій въ логикѣ. Какъ Декартъ связалъ алгебру съ геометріей, такъ Буль устроилъ союзъ между логикой и алгеброй.

---

[1] См. Гудвинъ, Cambridge Phil. Trans. 1845, v. VIII. p. 269. О Бріенъ, On Symbolical Statics, Phil. Mag. 4 ser., v. 1. p. 491 etc. См. также Клерка Максуэлля прекрасное руководство элементарной механики подъ заглавіемъ Matter and Motion. Въ этомъ удивительномъ маленькомъ сочиненіи самые послѣдніе результаты механики и физики объяснены по методу кватерніоновъ и почти безъ употребленія алгебраическихъ символовъ.

Аналогія въ теоріи волнообразныхъ движеній.

Нѣтъ другаго класса явленій, который бы такъ ясно представлялъ и силу и слабость аналогіи, какъ это дѣлаютъ волны колеблющія всякаго рода среду. Всѣ волны, по какого бы рода матеріи они ни распространялись, повинуются принципамъ гармоническаго движенія, и этотъ предметъ представляетъ поэтому подходящее поле для математическихъ обобщеній. Каждый родъ среды можетъ давать волны представляющія свои особенности, такъ что для математическаго умозаключенія представляется прекрасная практика на рѣшеніи вопроса, до какой степени при умозаключеніи отъ одной среды къ другой мы должны дѣлать поправку на разницу въ обстоятельствахъ. Волны океана велики и видимы, и кромѣ того есть еще большія приливо-отливныя волны, которыя простираются на весь земной шаръ. Отъ такихъ осязательныхъ случаевъ ритмическаго движенія мы переходимъ къ волнамъ звука, длина которыхъ измѣняется отъ 32 футовъ до небольшихъ долей дюйма. Если мы вообразимъ себѣ сороковую октаву средняго С фортепіано, то получимъ волны жолтаго цвѣта, а ультрафіолетовые лучи соотвѣтствуютъ почти 41-й октавѣ. Такъ мы переходимъ отъ осязательнаго и очевиднаго къ тому, что темно, чтобы не сказать не понятно. Однако же если мы замѣчаемъ явленія отраженія, интерференціи и преломленія въ нѣкоторыхъ родахъ волнъ, то можемъ ожидать, что тѣже явленія съ соотвѣтствующими измѣненіями окажутся и въ другихъ родахъ.

Отъ большаго къ малому, отъ очевиднаго къ темному существуетъ не только естественный порядокъ умозаключенія, но и историческій порядокъ открытія. Физика греческихъ философовъ должна была оставаться неполною и ихъ теоріи неосновательными, потому что они не понимали природы волнообразныхъ движеній. Ихъ системы основывались на понятіи поступательнаго движенія съ мѣста на мѣсто. Новая наука стремится къ противоположному понятію, что всякое движеніе періодично или ритмично, причемъ энергія течетъ, а матерія остается сравнительно въ неизмѣнномъ положеніи. Діогенъ Лаэрцій вѣрно сравнивалъ распространеніе звука съ расхожденіемъ волнъ по поверхности воды возмущонной паденіемъ камня, а Витрувій обнаруживалъ еще большее пониманіе той же аналогіи. Но только Ньютону было суждено создать теорію волнообразнаго движенія и показать путемъ математически дедуктивнаго умозаключенія, что частички упругой жидкости, вибрируя взадъ и впередъ, могутъ проводить далѣе пульсъ или волну движущуюся отъ точки возмущенія, тогда какъ возмущенныя частички возвращаются на свое прежнее мѣсто покоя. На основаніи теоретическаго вычисленія онъ даже сдѣлалъ первое приближеніе къ скорости звуковыхъ волнъ въ атмосферѣ. Его теорія звука составила едва ли менѣе важную эпоху въ наукѣ, чѣмъ его болѣе знаменитая теорія тяготѣнія. Она открыла путь всѣмъ послѣдующимъ примѣненіямъ механическихъ принциповъ къ незамѣтному движенію частицъ. Кромѣ того онъ кажется былъ близокъ къ другому примѣненію тѣхъ же принциповъ, которое подвинуло бы науку на цѣлое столѣтіе впередъ и пріобрѣло бы ему безспорную славу основателя всѣхъ теорій о матеріи. Въ разное время онъ высказывалъ мнѣніе, что свѣтъ можетъ происходить отъ волнообразныхъ движеній среды занимающей пространство и въ одномъ чрезвычайно интересномъ мѣстѣ замѣчаетъ, что цвѣта составляютъ вибраціи различной длины, «совершенно въ такомъ же родѣ, какъ въ чувствѣ слуха природа употребляетъ воздушныя вибраціи различной величины для произведенія звуковъ разнаго тона, судя по аналогіи наблюдаемой въ природѣ» [1]. Онъ вѣрно предвидѣлъ, что красный и жолтый свѣтъ состоятъ изъ болѣе длинныхъ волнъ, а синій и фіолетовый изъ болѣе короткихъ, между тѣмъ какъ бѣлый цвѣтъ составленъ изъ неразличимой смѣси волнъ различной длины. Ньютонъ почти преодолѣлъ самую большую кажущуюся трудность волнообразной теоріи свѣта, именно распространеніе свѣта по прямымъ линіямъ. Потому что онъ замѣтилъ, что хотя звуковыя волны нѣсколько изгибаются вокругъ препятствія, однако не до такой степени какъ водяныя волны. Ему стоило распространить пропорціонально аналогію до свѣтовыхъ волнъ, и тогда не только исчезла бы трудность, но для него открылась бы истинная теорія диффракціи. Къ несчастью онъ имѣлъ предвзятую теорію, что лучи свѣта уклоняются по направленію отъ тѣни, а не къ тѣни тѣла, и никогда не сравнивалъ ея съ наблюденіемъ настолько тщательно, чтобы открыть ея ложность. Кромѣ того мнѣ неизвѣстно, чтобы Ньютонъ въ какомъ нибудь изъ своихъ сочиненій обнаружилъ пониманіе явленій интерференціи, безъ котораго его представленіе о волнообразномъ движеніи должно было быть несовершеннымъ.

Между тѣмъ какъ общіе принципы волнообразнаго движенія остаются тѣже, въ какой бы средѣ ни происходило движеніе, побочныя обстоятельства могутъ быть очень различны. Между свѣтомъ проходящимъ 186,000 англійскихъ миль въ секунду и звукомъ проходящимъ въ такое же время около 1,100 футовъ или почти въ 900,000 разъ медленнѣе мы не можемъ предполагать близкаго внѣшняго сходства. Кромѣ того есть большая разница и въ характерѣ вибрацій. Газы едва допускаютъ поперечныя вибраціи, такъ что звукъ проходитъ по воздуху въ видѣ продольной волны, причемъ частички воздуха движутся взадъ и впередъ по той же линіи, по которой движется волна. Напротивъ свѣтъ состоитъ изъ движеній поперечныхъ къ направленію распространенія луча. Свѣтовая волна отчасти похожа на изгибаніе прута или натянутой веревки встряхнутой на одномъ концѣ. Но это поперечное движеніе можетъ совершаться въ одной какой нибудь изъ безчисленнаго множества плоскостей, и волны, плоскости которыхъ перпендикулярны одна къ другой, также мало могутъ интерферировать между собою какъ всякія двѣ параллельныя силы. Сложныя явленія поляризованнаго свѣта происходятъ отъ этого поперечнаго характера свѣтовыхъ волнъ, и мы не можемъ ожидать встрѣтить подобныя явленія въ атмосферныхъ звуковыхъ волнахъ. Но въ твердыхъ тѣлахъ можно себѣ представить поперечныя звуковыя колебанія, которыя могутъ воспроизвести явленія поляризаціи. Но кажется, что даже между поперечными звуковыми и свѣтовыми волнами аналогія оказывается скорѣе въ принципахъ гармоническаго движенія, чѣмъ въ обстоятельствахъ вибрирующей среды; по теоріи и опыту умозаключаютъ, что плоскость поляризаціи плоско поляризованнаго свѣта перпендикулярна къ направленію вибраціи вмѣсто того, чтобы совпадать съ нимъ, какъ это было бы въ случаѣ поперечныхъ звуковыхъ волнъ. А если такъ, то законы упругихъ силъ существенно различны въ примѣненіи къ свѣтовому эѳиру и къ обыкновеннымъ твердымъ тѣламъ ¹).

---

[1] Бирчъ, History of the Royal Society, v. III. p. 262, цитировано у Юнга, Works, v. I. p. 246.

Аналогія въ астрономіи.

Чтобы составить себѣ вѣрное понятіе о достоинствѣ аналогіи въ ея слабѣйшихъ степеняхъ, мы должны обратить вниманіе на то, какъ много она содѣйствовала прогрессу астрономіи. Нашъ пунктъ наблюденія до такой степени неподвиженъ относительно вселенной и наши средства изслѣдованія далекихъ тѣлъ до такой степени ограничены, что мы по необходимости руководимся ограниченными и повидимому слабыми сходствами. Но во многихъ случаяхъ результаты подтверждались послѣдующими прямыми доказательствами самаго рѣшительнаго характера.

Въ то время, когда ученый міръ раздѣлялся во мнѣніяхъ между Коперни-

---

¹) Ранкинъ, Phil. Trans., 1856, v. CXLVI, p. 282.

ковской и Птолемеевой системой, самымъ рѣшительнымъ аргументомъ для него послужила аналогія. Галилей посредствомъ своего новаго телескопа открылъ четырехъ небольшихъ спутниковъ, которые двигались вокругъ Юпитера и представляли собою миніатюрный планетный міръ. Было ясно видно, что эти четыре Медицейскія звѣзды, какъ ихъ тогда называли, вращаются вокругъ Юпитера въ различные періоды, но приблизительно въ одной плоскости, и астрономы неизбѣжно приходили къ тому заключенію, что то, что бываетъ въ малыхъ размѣрахъ, можетъ быть вѣрнымъ и относительно большей планетной системы. Это открытіе, какъ выражается Гершель, дало рѣшительный поворотъ мнѣніямъ человѣческаго рода. Даже Ф. Беконъ, сначала отвергавшій—что не дѣлаетъ чести его научной проницательности—Коперниковскіе взгляды, теперь принялъ ихъ и говоритъ: «мы утверждаемъ, что Венера и Меркурій слѣдуютъ за солнцемъ, такъ какъ Галилей нашолъ, что Юпитеръ также имѣетъ спутниковъ». И Гюйгенсъ не считалъ излишнимъ принимать аналогію какъ сильный аргументъ [1]). Даже при дальнѣйшемъ развитіи физической астрономіи система Юпитера не потеряла своего аналогическаго интереса, потому что взаимныя возмущенія четырехъ спутниковъ проходятъ черезъ всѣ свои фазы въ теченіи нѣсколькихъ столѣтій и такимъ образомъ даютъ намъ возможность провѣрить въ миніатюрномъ видѣ принципы постоянства, установленные Лапласомъ для большой планетной системы. Колебанія или возмущенія въ движеніи планетъ представляющіяся вѣковыми, потому что періоды ихъ простираются на милліоны лѣтъ, могутъ быть наблюдаемы на спутникахъ Юпитера въ полныхъ періодахъ ихъ въ предѣлахъ историческаго времени астрономіи [2]).

Пріобрѣтая знанія о звѣздномъ мірѣ, мы иногда зависимъ отъ ненадежныхъ аналогій. Относительно этого предмета мы держимся мнѣнія высказаннаго Бруно еще въ 1591 г., что звѣзды суть солнца окруженныя такими же планетами, какъ наша земля. Это есть самое вѣроятное первое предположеніе и оно подтверждается спектральными наблюденіями, которыя показываютъ сходство солнечнаго свѣта съ свѣтомъ многихъ звѣздъ. Но въ то же время спектроскопъ показываетъ намъ, что есть туманности и звѣзды совершенно непохожія на все то, что извѣстно намъ въ нашей системѣ. Можетъ быть впослѣдствіи аналогія пріобрѣтетъ еще большую полноту вслѣдствіе открытія солнцъ въ различныхъ стадіяхъ туманнаго сгущенія. Исторія эволюціи нашей системы можетъ быть прослѣжена назадъ на тѣлахъ менѣе развитыхъ или прослѣжена впередъ въ системахъ болѣе подвинувшихся къ состоянію разсѣянія энергіи и угасанію жизни. Какъ въ большой мастерской, мы можемъ видѣть здѣсь всѣ фазы, какія принимало производимое издѣліе въ теченіи тысячъ милліоновъ лѣтъ.

---

[1]) Cosmotheros, 1699, p. 16.

[2]) Лапласъ, *Система міра*, т. II, стр. 316.

Въ своихъ умозаключеніяхъ о физическомъ состояніи планетъ и ихъ спутниковъ мы зависимъ отъ аналогій болѣе слабаго характера. Мы знаемъ, что на лунѣ есть горы и долины, равнины и холмы, вулканы и потоки лавы, и несмотря на отсутствіе воды и воздуха скалистая поверхность луны представляетъ намъ столь знакомыя картины, что мы не колеблясь сравниваемъ ихъ съ видомъ нашей земли. Мы умозаключаемъ съ большою вѣроятностью, что Марсъ имѣетъ полярные льды и подобную нашей атмосферу поглощающую синіе лучи; Юпитеръ несомнѣнно имѣетъ туманную атмосферу, представляющую можетъ быть увеличенную копію земной атмосферы. Но наша тенденція принимать аналогіи получила надлежащее предостереженіе въ недавно открытомъ фактѣ, что атмосфера Урана содержитъ водородъ.

Естествоиспытатели не остановились однако на этихъ сравнительно безопасныхъ умозаключеніяхъ, но умозаключали еще о существованіи живыхъ существъ на другихъ планетахъ. Гюйгенсъ замѣчаетъ, что подобно тому какъ мы анатомируя тѣло собаки, заключаемъ по аналогіи о тѣлѣ свиньи, быка или другаго животнаго такой же общей формы и ожидаемъ и въ нихъ найти тѣже внутренности, сердце, желудокъ, легкія, кишки и проч. въ соотвѣтствующихъ положеніяхъ, мы можемъ, замѣчая сходство между планетами во многихъ отношеніяхъ, умозаключать, что они окажутся сходными и въ другихъ отношеніяхъ¹). Онъ даже занимался вопросомъ, имѣютъ ли жители другихъ планетъ умъ и знанія подобныя нашимъ и отвѣчалъ на это утвердительно. Хотя способности ихъ ума могутъ быть иныя, однако онъ думаетъ, что если они имѣютъ геометрію, то она должна быть такая же, какъ наша и что истинно для насъ, то было бы истинно и для нихъ. Относительно солнца онъ благоразумно замѣчаетъ, что всякія догадки были бы неосновательны. Лапласъ твердо былъ убѣжденъ въ существованіи жителей на другихъ планетахъ. Благодѣтельное вліяніе солнца даетъ жизнь животнымъ и растеніямъ на поверхности земли и аналогія заставляетъ насъ думать, что его лучи производятъ такое же дѣйствіе и въ другихъ мѣстахъ. Намъ представляется невѣроятнымъ, чтобы матерія, которая у насъ столь плодовита на жизнь, была безплодна на такомъ большомъ шарѣ, какъ Юпитеръ, который подобно землѣ имѣетъ свои дни, ночи и годы и вообще перемѣны, которыя свидѣтельствуютъ о дѣятельныхъ силахъ.

---

¹) Cosmoth. p. 17.

Конечно человѣкъ приспособленъ къ температурѣ и атмосферѣ, при которыхъ онъ живетъ, и судя по всему, онъ не могъ бы жить на другихъ планетахъ. Но можетъ быть безчисленное множество организацій приспособленныхъ къ различнымъ условіямъ разныхъ тѣлъ вселенной. Самое дѣятельное воображеніе не можетъ себѣ представить, какія бы это существа могли быть, но ихъ существованіе не невѣроятно [1]).

Мы знаемъ, что нѣкоторые металлы и другіе элементы никогда не встрѣчаются въ организмахъ и однакоже могутъ вступать въ соединенія съ веществами растительнаго или животнаго происхожденія. Такимъ образомъ возможно, что при иныхъ температурахъ могутъ существовать организмы образованные изъ различныхъ, но аналогичныхъ соединеній; но кажется необходимо, чтобы углеродъ составлялъ основаніе органическихъ структуръ. Мы не имѣемъ никакихъ аналогій позволяющихъ намъ предполагать возможность жизни безъ этого элемента. Если бы мы нашли планеты окруженныя атмосферой сходною съ нашей по температурѣ и составу, то мы навѣрное могли бы считать ихъ обитаемыми; но вѣроятность всякаго аналогическаго аргумента быстро уменьшается по мѣрѣ того какъ условія планеты больше и больше уклоняются отъ нашихъ. Уже давно кардиналъ Николай де Куза предполагалъ, что луна обитаема; но отсутствіе замѣтныхъ слѣдовъ атмосферы дѣлаетъ это предположеніе крайне невѣроятнымъ. Умствованія основывающіяся на слабыхъ аналогіяхъ едвали относятся къ области науки и могутъ быть терпимы только какъ противоядіе еще худшимъ догмамъ, по которымъ тысяча милліоновъ людей на землѣ или даже только малая часть ихъ составляютъ единственную цѣль всей безпредѣльной вселенной.

Неудачныя аналогіи.

Помощь оказываемая аналогіей при всѣхъ попыткахъ открытія или объясненія такъ постоянна, что весьма важно знать тѣ случаи, въ которыхъ она можетъ привести насъ къ затрудненіямъ. То, о существованіи чего мы умозаключаемъ по аналогіи

1) Можетъ оказаться дѣйствительно существующимъ;

2) Можетъ казаться не существующимъ, но тѣмъ не менѣе можетъ дѣйствительно существовать;

3) Можетъ не существовать въ дѣйствительности.

Во второмъ случаѣ неудача только кажущаяся и происходитъ отъ слабости нашего воспріятія, отъ малости наблюдаемаго явленія или оттого, что оно является въ замаскированномъ видѣ. Я уже указывалъ на то, что аналогія между звукомъ и свѣтомъ потерпѣла неудачу вслѣдствіе того, что свѣтъ повидимому не загибается за уголъ препятствія, между тѣмъ какъ на дѣлѣ онъ загибается въ явленіяхъ диффракціи, которыя однако представляютъ до такой степени неожиданную и малую форму, что даже Ньютонъ не могъ замѣтить ея, что и заставило его бросить вѣрную волнообразную теорію, которой онъ сначала держался.

---

[1]) *Система міра*, т. II, стр. 326. Essai Philosophique, p. 87.

Въ третьемъ классѣ случаевъ аналогія оказывается вполнѣ несостоятельной и мы предполагаемъ существованіе того, что на дѣлѣ не существуетъ. Такъ мы не можемъ открыть явленій поляризаціи въ звукѣ распространяющемся въ атмосферѣ, потому что воздухъ неспособенъ къ замѣтнымъ поперечнымъ колебаніямъ. Эти неудачи аналогіи представляютъ особый интересъ, потому что они свидѣтельствуютъ о высшихъ способностяхъ ума. Многіе философы утверждали, что въ нашемъ умѣ не можетъ быть ничего такого, что не было бы воспринято чувствами. Это вѣрно въ томъ смыслѣ, что мы не можемъ вообразить такихъ вещей въ конкретномъ видѣ формы или цвѣта; но мы можемъ говорить и разсуждать объ нихъ, словомъ мы знаемъ ихъ, хотя и не посредствомъ чувственнаго воспріятія. Точное изслѣдованіе показываетъ, что всѣ матеріальныя вещества замедляютъ совершающееся въ ихъ средѣ движеніе тѣлъ, отнимая у нихъ прикосновеніемъ энергію. По закону непрерывности мы можемъ составить себѣ представленіе о пустомъ пространствѣ, въ которомъ нѣтъ никакого сопротивленія; но мы можемъ идти еще дальше и по аналогіи вообразить случай, когда среда ускоряетъ движеніе тѣлъ проходящихъ по ней, вродѣ того напр. какъ послѣдователи Аристотеля ошибочно приписывали такое ускоряющее дѣйствіе воздуху. Такимъ же образомъ мы можемъ составить понятіе объ отрицательной плотности и Ньютонъ могъ точно умозаключать объ ней, хотя она конечно не существуетъ [1]).

При всякомъ направленіи мышленія мы можемъ встрѣтить подобныя неудачи аналогіи. Движущаяся точка производитъ линію, движущаяся линія производитъ поверхность, движущаяся поверхность производитъ тѣло; но что же производитъ движущееся тѣло? Если мы сравнимъ многогранникъ или многостороннее твердое тѣло съ многоугольникомъ или плоскою фигурою со многими сторонами, то объемъ перваго аналогиченъ съ площадью втораго; грани твердаго тѣла соотвѣтствуютъ сторонамъ многоугольника; ребро тѣла соотвѣтствуетъ точкѣ фигуры; но гранный уголъ или соединеніе угловъ въ многогранникѣ не имѣетъ никакого соотвѣтствія въ плоскомъ многоугольникѣ. Если мы попытаемся провести аналогіи какимъ нибудь другимъ образомъ, то всетаки найдемъ, что геометрическое понятіе выражающееся тѣломъ не имѣетъ соотвѣтствія въ фигурѣ съ двумя измѣреніями [1]).

---

[1]) Principia, кн. II. отд. II. пол. X.

Фаредей могъ представить себѣ матерію въ состояніи, которое такъ относилось къ газообразному, какъ газообразное къ жидкому [2]). Такое вещество по его мнѣнію было близко къ лучистой матеріи, подъ которой онъ разумѣлъ предполагаемый теплотворъ или матерію, которая по теоріи истеченія составляетъ теплоту. Если мы и можемъ составить такое понятіе, то намъ всетаки неизвѣстно, существуетъ ли матерія въ подобномъ состояніи, и новыя открытія относительно непрерывности между твердымъ, жидкимъ и газообразнымъ состояніями отнимаютъ всякое основаніе у этихъ умозрѣній.

Изъ этихъ и многихъ другихъ примѣровъ, которые можно было бы привести, мы видимъ, что аналогическое умозаключеніе приводитъ насъ къ представленію многихъ вещей, которыя не существуютъ, насколько мы можемъ убѣдиться въ этомъ. Этимъ путемъ возникли многія затрудненія при употребленіи словъ и математическихъ символовъ. Весь языкъ основывается на аналогіи, потому что мы соединяемъ и распредѣляемъ слова такъ, чтобы они могли представлять соотвѣтствующія соединенія или распредѣленія вещей и ихъ равенствъ. Но очевидно, что въ рѣчи мы можемъ составлять многія комбинаціи словъ, для которыхъ не существуетъ соотвѣтствующаго значенія. Такая же трудность возникаетъ и при употребленіи математическихъ знаковъ, и математики безъ нужды бились надъ квадратнымъ корнемъ отрицательнаго количества, который во многихъ примѣненіяхъ алгебраическаго вычисленія есть просто знакъ безъ всякаго аналогическаго значенія и представляетъ неудачную аналогію.

---

[1]) Де Морганъ, Cambridge Phil. Trans. v. XI. par. II. p. 246.

[2]) Life of Faraday, v. I. p. 216.

ГЛАВА XXIX.

ИСКЛЮЧИТЕЛЬНЫЯ ЯВЛЕНІЯ.

Если наука состоитъ въ открытіи тожества и признаніи однородности существующей во многихъ предметахъ, то изъ этого слѣдуетъ, что прогрессъ науки зависитъ отъ изученія исключительныхъ явленій. Такія новыя явленія представляютъ сырой матеріалъ, на которомъ мы упражняемъ наши способности наблюденія и умозаключенія для того, чтобы подвести новые факты подъ законы природы, т. е. подъ законы или уже извѣстные или только еще искомые. Странные и необъяснимые факты не только всего вѣроятнѣе могутъ привести насъ къ новому и важному открытію, но еще возбуждаютъ наше вниманіе сильнѣйшимъ образомъ. Пока событія текутъ согласно съ нашими ожиданіями и рутина обыденнаго наблюденія остается неизмѣнною, ничто не говоритъ нашему уму объ ограниченности его знанія и о глубинѣ тайны, которая можетъ скрываться за самыми обыкновенными предметами и явленіями. Въ прежнія времена миріады звѣздъ, которыя повидимому сохраняли неизмѣнно свои относительныя положенія на небѣ, менѣе привлекали къ себѣ вниманіе астрономовъ, чѣмъ тѣ немногія планеты, которыя своими блужданіями и необъяснимыми движеніями составляли загадку. Гиппархъ первый составилъ каталогъ звѣздъ, потому что прибавилась новая звѣзда къ тѣмъ, которыя были прежде видимы по ночамъ, и въ средніе вѣка появленіе двухъ блестящихъ, но временныхъ звѣздъ возбудило большій всеобщій интересъ къ астрономіи, чѣмъ всякія другія явленія и одной изъ нихъ мы обязаны всѣми наблюденіями Тихо Браге, средневѣковаго Гиппарха.

Въ другихъ наукахъ, также какъ въ наукѣ о небѣ, исключительныя явленія составляютъ обыкновенно исходные пункты, изъ которыхъ мы отправляемся для изслѣдованія новыхъ областей знанія. Было прекрасно сказано, что чудо есть дочь незнанія, но мать изобрѣтенія; и хотя самыя обыкновенныя и незначительныя событія, если ихъ вполнѣ изслѣдовать, и представляютъ безконечную пищу для удивленія и мудрости, однако чаще всего путемъ къ открытію служатъ немногія необыкновенныя и непредвидѣнныя событія. Но правда конечно и то, что требуется много философіи для наблюденія вещей слишкомъ близкихъ къ намъ.

Высокая научная важность исключеній требуетъ, чтобы мы тщательно разсмотрѣли различные пріемы, какіе могутъ быть употреблены относительно исключеній. Въ то время какъ нѣкоторые новые факты оказываются подтверждающими тѣ самые законы, которымъ они съ перваго взгляда противорѣчатъ, другіе факты заставляютъ насъ ограничивать общность нашихъ прежнихъ положеній. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ исключеніе можетъ оказаться вовсе не исключеніемъ; иногда же оно можетъ оказаться фатальнымъ для нашихъ прежнихъ повидимому самыхъ надежныхъ умствованій; а есть и такія новыя явленія, которыя не разстраивая ни одной изъ нашихъ прежнихъ теорій, открываютъ для насъ совершенно новое поле научныхъ изслѣдованій. Изученіе этого предмета особенно интересно и важно потому, что ни одна важная теорія, какъ я уже сказалъ (548), не можетъ быть установлена сразу полною и совершенною. Когда представляются необъясненныя явленія, какъ возраженія противъ теоріи, то часто требуется много остроумія и проницательности, чтобы указать имъ ихъ настоящее мѣсто и опредѣлить ихъ значеніе. Для принятія или отрицанія теоріи необходимо отличать одинъ непримиримо противорѣчащій фактъ отъ многихъ, которые какъ бы они ни были странны и необъяснимы на первый взглядъ, однако впослѣдствіи могутъ быть объяснены какъ результаты различныхъ причинъ, а можетъ быть даже какъ самые поразительные результаты того самаго закона, съ которымъ они находятся въ мнимомъ противорѣчіи.

Я могу перечислить по крайней мѣрѣ восемь классовъ или родовъ исключительныхъ явленій, къ тому или другому изъ которыхъ можетъ быть отнесено всякое предполагаемое исключеніе изъ извѣстныхъ законовъ природы; они будутъ достаточно объяснены въ слѣдующихъ параграфахъ и ихъ кратко можно характеризовать такъ:

1) Воображаемыя или ложныя исключенія, т. е. факты, предметы или явленія, которыя на дѣлѣ вовсе не то, что мы объ нихъ предполагаемъ.

2) Кажущіяся, но примиримыя исключенія, которыя хотя и кажутся противорѣчащими закону природы, однако на дѣлѣ согласны съ нимъ.

3) Единичныя исключенія, которыя на дѣлѣ согласны съ закономъ природы, но представляютъ замѣчательные и единственные результаты его.

4) Уклоняющіяся исключенія, которыя на дѣлѣ происходятъ отъ обыкно-

веннаго дѣйствія извѣстныхъ процессовъ природы, но которыя необыкновенны по величинѣ или причудливы по характеру.

5) Случайныя исключенія происходящія отъ вмѣшательства какихъ нибудь совершенно особыхъ, но извѣстныхъ законовъ природы.

6) Новыя и необъясненныя исключенія, которыя ведутъ къ открытію новыхъ рядовъ законовъ и явленій, видоизмѣняющихъ или маскирующихъ дѣйствія прежде извѣстныхъ законовъ, но не противорѣчащихъ имъ.

7) Ограничивающія исключенія показывающія ложность предполагаемаго закона въ нѣкоторыхъ случаяхъ, на которые онъ былъ распространенъ, но не опровергающія вѣрности его въ другихъ случаяхъ.

8) Противорѣчащія или дѣйствительныя исключенія, которыя приводятъ къ тому заключенію, что предполагаемая гипотеза или теорія находится въ противорѣчіи съ явленіями и потому должна быть оставлена.

Нужно ясно себѣ представлять, что законъ природы ни въ какомъ случаѣ не можетъ быть нарушенъ или не исполненъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ дѣйствія закона могутъ быть замаскированы или скрыты отъ нашего взгляда, въ иныхъ же случаяхъ законъ можетъ быть вовсе непримѣнимымъ; но если законъ примѣнимъ, то онъ долженъ быть осуществленъ. Поэтому каждый законъ природы долженъ быть устанавливаемъ съ крайнею общностью обнимающею всѣ случаи дѣйствительно подходящіе подъ него. Беббеджъ предложилъ установить различіе между *универсальными принципами*, которые не допускаютъ ни одного исключенія, какъ напр. то, что каждое число оканчивающееся 5 дѣлится на 5, и *общими принципами*, которые гораздо чаще осуществляются чѣмъ нарушаются, какъ напр. то, что «люди руководствуются тѣмъ, что они считаютъ своимъ интересомъ» [1]. Но съ научной точки зрѣнія общіе принципы должны быть универсальны относительно нѣкоторыхъ классовъ предметовъ, или же они вовсе не принципы. Если законъ, который допускаетъ исключенія устанавливается безъ упоминанія объ этихъ исключеніяхъ, то установка его ошибочна. Я не имѣю права сказать, что «всѣ жидкости расширяются отъ теплоты», если я знаю, что вода ниже 4° Ц. не расширяется; я долженъ былъ бы сказать, что «всѣ жидкости, за исключеніемъ воды ниже 4° Ц., расширяются отъ теплоты»; и каждое новое исключеніе будетъ дѣлать невѣрною формулу закона, если оно не внесено въ нее. Говорить о нѣкоторыхъ законахъ, что они *вообще* вѣрны, разумѣя подъ этимъ то, что они вѣрны не универсально, но только въ большинствѣ случаевъ, значитъ злоупотреблять словами, хотя это злоупотребленіе встрѣчается часто. *Общее* должно означать то, что вѣрно о цѣломъ *родѣ* или классѣ, и каждое вѣрное положеніе должно быть вѣрно о нѣкоторомъ опредѣленномъ или опредѣляемомъ классѣ.

---

[1] Беббеджъ, The Exposition of 1851, p. 1.

Воображаемыя или ложныя исключенія.

Когда намъ стало извѣстнымъ исключеніе изъ закона природы, то первый вопросъ подлежащій разрѣшенію состоитъ въ томъ, дѣйствительно ли здѣсь есть нарушеніе закона? Можетъ быть предполагаемый исключительный фактъ вовсе не есть фактъ, но просто призракъ воображенія. Когда король Карлъ потребовалъ, чтобы королевское общество изслѣдовало любопытный фактъ, что живая рыба положенная въ сосудъ съ водою не увеличиваетъ вѣса сосуда и его содержимаго, то оно благоразумно начало свое обсужденіе съ того, вѣренъ ли этотъ фактъ или нѣтъ. Каждое положеніе, какъ бы оно ни было ложно, должно имѣть какую нибудь причину или предшествующее условіе и королевское общество должно было бы начать свое изслѣдованіе съ того, что привело короля къ мысли, что фактъ именно таковъ. Умственныя условія, какъ мы видѣли, входятъ во всѣ акты наблюденія и часто заслуживаютъ изслѣдованія. Но въ исторіи науки есть много примѣровъ, что ложныя утвержденія сдѣланныя неосмотрительно и неосмотрительно принятыя безъ повѣрки производили много путаницы и ошибокъ.

Распространенію Коперниковой теоріи много мѣшало то возраженіе, что еслибы земля двигалась, то камень, упавшій съ высокой башни долженъ былъ бы упасть нѣсколько сзади и казалось бы, будто онъ движется къ западу, подобно тому какъ камень упавшій съ верхушки мачты движущагося корабля долженъ падать нѣсколько сзади вслѣдствіе движенія корабля. Послѣдователи Коперника пытались всячески опровергнуть это возраженіе, но имъ не приходило въ голову только настоящее опроверженіе, именно опытное доказательство того, что утверждаемые факты не точны. Во 1-хъ, если камень уронить съ верхушки мачты движущагося корабля съ надлежащими предосторожностями, то онъ упадетъ какъ разъ у основанія мачты, потому что по первому закону движенія онъ долженъ сохранять одно и тоже состояніе горизонтальнаго движенія сообщеннаго ему мачтой. Такъ какъ противники Коперниковой системы предполагали результатъ противоположный тому, какой навѣрное получился бы, то ихъ аргументъ палъ бы самъ собою. Если бы послѣдователи Коперника обратились къ тщательному изслѣдованію другаго положенія предполагаемаго теоріей, то они еще болѣе убѣдились бы въ истинѣ своей теоріи. Камень падающій съ вершины высокой башни или въ глубокую шахту конечно не уклонился бы отъ вертикальнаго направленія въ значительной степени нужной для того, чтобы согласоваться съ предполагаемыми послѣдствіями Коперниковскихъ взглядовъ; но при весьма тщательномъ наблюденіи они открыли бы, какъ это удалось впослѣдствіи Бенценбергу, весьма малое отклоненіе къ востоку, что показало бы, что скорость движенія въ восточномъ направленіи больше на вершинѣ, чѣмъ у основанія. Если бы последователи Коперника въ состояніи были открыть и истолковать значеніе этого небольшаго уклоненія, то это было бы подкрѣпленіемъ ихъ собственныхъ взглядовъ.

Можно было бы привести множество случаевъ, въ которыхъ законъ природы казался очевидно нарушеннымъ, но это кажущееся нарушеніе происходило только отъ невѣрнаго пониманія случая. Общій законъ абсолютно вѣрный относительно всѣхъ изслѣдованныхъ кристалловъ тотъ, что ни одинъ кристаллъ не имѣетъ входящаго угла, т. е. угла, который относительно оси кристалла былъ бы болѣе двухъ прямыхъ угловъ. Какъ бы ни соединялись плоскости кристалла, но они всегда производятъ выступающее ребро и какъ бы ни соединялись ребра, но они даютъ уголъ. Однако многіе кристаллы при тщательномъ изслѣдованіи представляютъ исключенія изъ этого закона; но болѣе подробное изслѣдованіе показываетъ, что видимые входящіе углы происходятъ отъ соединенія двухъ отдѣльныхъ кристалловъ. Другіе кристаллы имѣютъ плоскости повидимому противорѣчащія всѣмъ принципамъ кристаллографіи; но тщательное изслѣдованіе показываетъ, что предполагаемыя плоскости не настоящія плоскости кристалла, но поверхности происшедшія отъ правильнаго соединенія громаднаго числа отдѣльныхъ тонкихъ кристаллическихъ пластинокъ, и каждая пластинка есть въ дѣйствительности отдѣльный кристаллъ, въ которомъ строго соблюдены законы кристаллографіи. Шероховатость предполагаемой плоскости, полоски открываемыя микроскопомъ, или умозаключеніе по непрерывности отъ другихъ экземпляровъ, въ которыхъ настоящія плоскости пластинокъ ясно видны, доказываютъ ошибочный характеръ предполагавшихся исключеній. Кромѣ того, четыре плоскости правильнаго октаэдра могутъ развиться въ кристаллахъ желѣзнаго колчедана и нѣкоторыхъ веществъ такъ, что другія четыре плоскости исчезаютъ, и получается правильный тетраэдръ вопреки законамъ кристаллографической симметріи. Многія кристаллическія формы видоизмѣняются подобнымъ же образомъ и производятъ рядъ того, что называется *гемiэдрическими* формами.

При изслѣдованіи изоморфныхъ отношеній элементовъ иногда происходила большая путаница вслѣдствіе того, что одно вещество ошибочно принимали за другое. Было показано, что хоть мышьякъ и считался изоморфнымъ съ фосфоромъ, однако мышьяковокислый натръ кристаллизуется въ формѣ отличной отъ соотвѣтствующей фосфорной соли. Нѣкоторые химики считаютъ это фатальнымъ возраженіемъ противъ ученія объ изоморфизмѣ; но впослѣдствіи было показано Кларке, что разсматриваемыя соединенія фосфора и мышьяка не были соотвѣтствующими соединеніями, такъ какъ они отличались кристаллизаціонною водою [1]). Ванадій также казался исключеніемъ изъ законовъ изоморфизма, пока Роско не доказалъ, что то, что Берцеліусъ считалъ металлическимъ ванадіемъ, есть въ дѣйствительности окись ванадія [2]).

Кажущіяся но примиримыя исключенія.

Не рѣдко законъ природы представляетъ результаты въ извѣстныхъ обстоятельствахъ, которыя представляются въ совершенномъ противорѣчіи съ самимъ закономъ. Дѣйствіе закона не только можетъ быть усложнено и замаскироьано, но различнымъ образомъ извращено и измѣнено по направленію, такъ что неосмотрительный наблюдатель можетъ быть введенъ въ заблужденіе. Древніе философы вообще думали, что въ то время какъ одни тѣла тяжелы по природѣ, другіе, напр. пламя, дымъ, пузыри, облака и пр. были по своей сущности легкими, обладая стремленіемъ подниматься вверхъ. Столь проницательный изслѣдователь какъ Аристотель не понялъ настоящей сущности явленій плаванія тѣлъ и ученіе о естественной легкости, изложенное въ его сочиненіяхъ, было господствующимъ въ теченіи многихъ столѣтій. Однако Лукрецій уже имѣлъ понятіе о томъ, почему пламя стремится кверху и утверждалъ, что пламя имѣетъ вѣсъ, хотя очень небольшой и поднимается вверхъ только побуждаемое болѣе тяжелымъ воздухомъ. Архимедъ также вполнѣ понималъ сущность плаванія тѣлъ погруженныхъ въ воду, такъ что отъ него не могло укрыться и параллельное явленіе въ воздухѣ. Однако въ теченіи всѣхъ среднихъ вѣковъ свѣтъ истинной науки не могъ состязаться съ блескомъ перипатетической доктрины. Нуженъ былъ геній Галилея или Ньютона. чтобы убѣдить людей въ той простой истинѣ, что всякая матерія тяжела, но что тяжесть одного вещества можетъ быть пересилена тяжестью другаго, подобно тому какъ одна чашка вѣсовъ поднимается вверхъ вслѣдствіе пересиливающаго вѣса на противоположной чашкѣ вѣсовъ. Любопытно, что Ньютонъ преважно объясняетъ различіе между абсолютнымъ и удѣльнымъ вѣсомъ, какъ будто бы это было новое открытіе вытекающее изъ его теоріи [3]). Прошло больше столѣтія прежде чѣмъ были удовлетворительно объяснены другія кажущіяся исключенія изъ Ньютоновой системы

---

[1]) Даубени, Atomic Theory, p. 76.

[2]) Bakerian Lecture, Phil. Trans., 1868, v. CLVIII, p. 2.

[3]) Principia, кн. II, пол. 20, Вывод. 5 и 6.

Ньютонъ самъ признавалъ, что движеніе апсидій лунной орбиты представлялось несогласнымъ съ закономъ тяготѣнія, и однакоже Клеро устранилъ существовавшее здѣсь затрудненіе болѣе полнымъ математическимъ анализомъ. Въ движеніяхъ небесныхъ тѣлъ всегда должны существовать большія или меньшія разногласія между теоріей и съ наблюденіемъ; но такія разногласія въ прежнія времена до такой степени часто примирялись при продолжительныхъ изслѣдованіяхъ, что естествоиспытатели считаютъ ихъ просто кажущимися исключеніями, которыя впослѣдствіи окажутся согласными съ закономъ тяготѣнія.

Самый лучшій примѣръ кажущагося исключенія представляетъ полное отраженіе свѣта, происходящее тогда, когда лучъ свѣта внутри среды падаетъ очень наклонно на границу отдѣляющую ее отъ менѣе плотной среды. Общій законъ тотъ, что когда лучъ свѣта падаетъ на границу между двумя средами съ различными показателями преломленія, то часть свѣта отражается и часть преломляется; но когда наклоненіе луча внутри плотнѣйшей среды переходитъ извѣстную границу, тогда внезапно прерывается непрерывность и весь свѣтъ отражается. И можно найти ясное основаніе для этого исключительнаго явленія свѣта. По закону преломленія синусъ угла паденія находится въ постоянномъ отношеніи къ синусу угла преломленія, такъ что большій изъ двухъ угловъ, какимъ всегда бываетъ уголъ въ менѣе плотной средѣ, можетъ возрасти до прямаго угла; но если среды имѣютъ различныхъ показателей преломленія, то меньшій уголъ не можетъ сдѣлаться прямымъ угломъ, такъ какъ при этомъ синусъ угла былъ бы больше чѣмъ радіусъ. Можетъ показаться, что это исключеніе относится къ роду тѣхъ, которыя будутъ описаны дальше какъ ограничивающія исключенія, которыя показываютъ, что законъ не имѣетъ примѣненія дальше извѣстныхъ границъ; но въ объясненіи этого исключенія по волнообразной теоріи мы видимъ, что здѣсь общій законъ на дѣлѣ вовсе не нарушается. Когда волна падаетъ на какую нибудь точку въ ограничивающей поверхности, то образуются сферическія волны, которыя распространяются изъ этой точки. Преломленный лучъ есть результатъ безконечнаго числа такихъ сферическихъ волнъ и уклоненіе луча въ общей поверхности двухъ средъ зависитъ отъ относительныхъ скоростей распространенія волнъ въ этихъ средахъ. Но если лучъ падаетъ на поверхность менѣе плотной среды, то волны отъ послѣдовательныхъ точекъ поверхности распространяются такъ быстро, что никогда не пересѣкутся и поэтому не дадутъ въ результатѣ общей составной волны. Поэтому мы видимъ, что отъ подобныхъ математическихъ условій могутъ происходить повидимому различныя дѣйствія.

Отъ времени до времени случается, что не оправдываются наши самыя основательныя предсказанія. Комета, орбита которой точно опредѣлена, можетъ не явиться въ назначенное время и въ указанномъ мѣстѣ, подобно кометѣ Лекселля. Въ настоящее время такое исключеніе изъ нашихъ удачныхъ предсказаній не ослабляетъ нашей вѣры въ теорію тяготѣнія и мы предполагаемъ, что какое нибудь неизвѣстное тѣло своимъ дѣйствіемъ тяготѣнія уклонило комету. Какъ замѣтилъ Клеро, публикуя свои вычисленія относительно ожидаемаго новаго появленія кометы Галлея, тѣло уходящее въ столь отдаленныя пространства и скрывающееся отъ нашихъ взоровъ въ теченіи столь долгихъ періодовъ можетъ быть подвержено вліянію силъ совершенно неизвѣстныхъ для насъ, каковы напр. притяженіе другихъ кометъ или планетъ до того удаленныхъ отъ солнца, что они едвали когда нибудь будутъ замѣчены нами. Относительно кометы Лекселля было впослѣдствіи показано, что ея появленіе не было однимъ изъ правильной серіи періодическихъ возвращеній въ сферу доступную для нашего зрѣнія, но было единственнымъ исключительнымъ посѣщеніемъ, которое никогда не повторится и вѣроятно произошло вслѣдствіе возмущающаго дѣйствія Юпитера. Это единственное посѣщеніе оказалось сильнымъ подтвержденіемъ закона тяготѣнія, которому оно повидимому противорѣчило.

Единичныя исключенія.

Къ числу самыхъ интересныхъ кажущихся исключеній относятся тѣ, которыя я назвалъ единичными исключеніями потому, что они имѣютъ большую или меньшую аналогію съ единичными случаями или рѣшеніями, которыя встрѣчаются въ математикѣ. Общій математическій законъ обнимаетъ безконечное число случаевъ, которые совершенно сходны другъ съ другомъ въ извѣстныхъ отношеніяхъ. Тѣмъ не менѣе можетъ случиться, что единичный случай, повинуясь въ сущности общему закону, повидимому стоитъ совершеннымъ особнякомъ, отличаясь отъ другихъ. Вращеніе земли на своей оси сообщаетъ всѣмъ звѣздамъ видимое движеніе отъ востока къ западу; но въ то время какъ несчетныя тысячи здѣздъ повинуются этому правилу, одна полярная звѣзда повидимому нарушаетъ его. Конечно точныя наблюденія показываютъ, что и она также движется по небольшому кругу, но можетъ случиться, что звѣзда можетъ находиться короткое время столь близко къ полюсу, что вслѣдствіе вращенія земли не происходитъ замѣтнаго измѣненія въ ея положеніи. Она тогда составляла бы совершенно единичное исключеніе; повинуясь въ сущности закону, она нарушала бы его только въ томъ видѣ, въ какомъ онъ обыкновенно формулируется. Такимъ же образомъ полюсы всякаго вращающагося тѣла представляютъ единичныя точки.

Всегда, когда законы приведены къ математической формѣ, мы можемъ ожидать встрѣтить единичные случаи, и такъ какъ во всѣхъ физическихъ наукахъ мы встрѣчаемся съ математическими принципами механики, то нѣтъ ни одной области въ природѣ, гдѣ бы не могли представиться намъ подобные случаи. Въ механикѣ вращательное движеніе можетъ быть разсматриваемо какъ исключеніе изъ поступательнаго движенія. Есть общій законъ, что всякое число параллельныхъ силъ дѣйствующихъ въ одинаковыхъ или же противоположныхъ направленіяхъ имѣютъ равнодѣйствующую, которая можетъ замѣнить ихъ, причемъ получится такое же дѣйствіе. Эта равнодѣйствующая равна алгебраической суммѣ силъ или разности между силами дѣйствующими въ одномъ направленіи и въ другомъ; она проходитъ черезъ точку, которая опредѣляется простою формулою и которая можетъ быть названа средней точкой изъ всѣхъ точекъ приложенія параллельныхъ силъ. Такъ мы можемъ легко опредѣлить равнодѣйствующую параллельныхъ силъ, исключая одного случая, именно когда двѣ силы равны и противоположны, но находятся не на одной прямой линіи. Такъ какъ они равны и противоположны, то равнодѣйствующая ихъ равна нулю, и однако же такъ какъ силы находятся не на одной прямой линіи, то они не уравновѣшиваютъ одна другую. Изслѣдуя формулу для точки приложенія равнодѣйствующей, мы находимъ, что она даетъ безконечно большую величину, такъ что равнодѣйствующей тоже нѣтъ или она дѣйствуетъ на безконечномъ разстояніи, что практически значитъ тоже самое, что нѣтъ равнодѣйствующей. Двѣ такія силы составляютъ то, что въ механикѣ называется *парой*, которая производитъ вращательное движеніе вмѣсто прямолинейнаго и можетъ быть уравновѣшена только равною и противоположной парой силъ.

Самые лучшіе примѣры единичныхъ исключеній представляетъ оптика. Существуетъ общій законъ, что при проходѣ черезъ прозрачную среду плоскость вибрацій поляризованнаго свѣта остается неизмѣнною. Но въ нѣкоторыхъ жидкостяхъ, въ нѣкоторыхъ особенныхъ кристаллахъ кварца и въ прозрачныхъ твердыхъ тѣлахъ, подверженныхъ магнитному вліянію, какъ въ опытахъ Фаредея, плоскость поляризаціи вращается на подобіе винта. Это дѣйствіе до такой степени своеобразно и такъ не похоже на другія явленія въ природѣ, что кажется совершенно исключительнымъ; однако математическій анализъ показываетъ, что оно есть только частный случай болѣе общихъ законовъ. Какъ говорятъ Томсонъ и Тетъ [1]), оно происходитъ отъ сложенія двухъ равномѣрныхъ круговыхъ движеній. Если въ то время какъ точка движется по кругу, центръ этого круга также движется по другому кругу, то происходитъ очень много любопытныхъ кривыхъ, когда мы будемъ измѣнять размѣры круговъ, быстроту или направленіе движенія. Когда оба круга и быстрота почти одинаковы, а направленія противуположны, то точка движется постепенно вокругъ центра неподвижнаго круга и описываетъ любопытную звѣздообразную фигуру имѣющую связь съ молекулярными движеніями, отъ которыхъ усиливается вращающая способность средъ. Къ числу другихъ единичныхъ исключеній въ оптикѣ можетъ быть отнесено упомянутое уже (стр. 505) коническое преломленіе свѣта, происходящее отъ особенной формы принимаемой волною свѣта, когда она проходитъ черезъ извѣстные двояко преломляющіе кристаллы. Законы, которымъ слѣдуетъ волна, совершенно тѣже, какъ и въ другихъ случаяхъ, однако результаты совершенно своеобразны. Эти случаи такъ далеки отъ противорѣчія закону обыкновенныхъ случаевъ, что они даже представляютъ самые благопріятные случаи для ихъ подтвержденія.

Въ астрономіи могутъ встрѣтиться единичныя исключенія и они дѣйствительно встрѣчаются, хотя и не въ рѣзкомъ видѣ. Мы можемъ указать на кольца Сатурна какъ на предметы, хотя несомнѣнно повинующіеся закону тяготѣнія, но въ своемъ родѣ единственные, насколько можно судить по части вселенной доступной нашему наблюденію. Однако они сходны съ другими тѣлами планетной системы по постоянству ихъ движеній, которыя никогда далеко не уклоняются отъ средняго положенія. Едва ли можно сомнѣваться въ томъ, что эти кольца состоятъ изъ массы небольшихъ метеорныхъ камней; прежде думали, что они составляютъ сплошныя непрерывныя кольца и математики доказали, что если они дѣйствительно представляютъ такой составъ, то должно было случиться при извѣстныхъ обстоятельствахъ совершенно исключительное событіе. Еслибы кольца дѣйствительно были однородны по всей своей окружности и центръ ихъ тяжести совпалъ хотя на мгновеніе съ центромъ тяжести Сатурна, то возникъ бы особенный случай неустойчиваго равновѣсія, необходимо повлекшій бы за собою внезапное спаденіе колецъ и паденіе ихъ обломковъ на поверхность планеты. Такимъ образомъ въ одномъ единственномъ случаѣ теорія тяготѣнія дала бы результатъ совершенно непохожій на все, что извѣстно намъ о механизмѣ неба.

Возможно, что и въ кристаллографіи встрѣтятся единичныя исключенія. Если кристаллъ второй или квадратной системы, въ которой третья ось обыкновенно бываетъ не равна двумъ другимъ, будетъ имѣть три равныя оси, то его можно ошибочно принять за кристаллъ правильной системы; но онъ будетъ имѣть различныя плоскости и иныя свойства. Кромѣ того есть возможный классъ двуклиномѣрныхъ кристалловъ, въ которыхъ двѣ оси перпендикулярны между собою, а третья наклонна къ другимъ двумъ. Этотъ классъ главнымъ образомъ замѣчателенъ своимъ несуществованіемъ, такъ какъ до сихъ поръ еще не доказано существованіе подобныхъ осей въ кристаллахъ. Вѣроятно, что этотъ классъ составляетъ только единичный случай болѣе общей триклиномѣрной системы, въ которой всѣ три оси наклонены одна къ другой подъ разными углами. Но если двуклиномѣрная форма просто случайна и не служитъ выраженіемъ какого нибудь общаго закона молекулярнаго строенія, то дѣйствительное ея существованіе крайне невѣроятно, точно также какъ крайне невѣроятно, чтобы какая нибудь звѣзда совершенно точно указывала сѣверный полюсъ.

---

[1]) Treatise on Nat. Phil. v. I. p. 50.

Въ кривыхъ обозначающихъ отношеніе между температурою и давленіемъ воды есть, какъ показалъ Томсонъ, весьма замѣчательная и единственная точка, при которой только вода можетъ оставаться въ трехъ состояніяхъ, газообразномъ, жидкомъ и твердомъ въ одномъ и томъ же сосудѣ. Эта тройная точка находится тамъ, гдѣ встрѣчаются три линіи, именно 1) линія пара, показывающая при какой температурѣ и давленіи вода какъ разъ готова перейти въ газообразное состояніе; 2) линія льда показывающая, когда ледъ совершенно готовъ таять и 3) линія инея, которая такимъ же образомъ показываетъ давленія и температуры, при которыхъ ледъ способенъ прямо переходить въ газообразное состояніе [1]).

Уклоняющіяся исключенія.

Къ единичнымъ исключеніямъ весьма близки тѣ уклоняющіяся исключенія, въ которыхъ явленіе представляется необыкновеннымъ по величинѣ или по характеру, не подчиняясь однако особеннымъ законамъ. Такъ при бросаніи монетъ въ четырехъ случаяхъ изъ 2048 вышло, что всѣ монеты упали орлами вверхъ (стр. 200); это обыкновенно считается весьма страннымъ событіемъ и по теоріи вѣроятностей оно должно случаться рѣдко. Однако эти событія происходятъ только отъ необыкновеннаго соединенія случайностей, а не отъ какихъ нибудь исключительныхъ причинъ. Во всѣхъ классахъ естественныхъ явленій мы можемъ ожидать встрѣтить подобныя же уклоненія отъ средняго уровня, иногда опредѣляющіяся просто принципами вѣроятности, а иногда и болѣе глубокими основаніями. Во всякомъ большомъ собраніи людей мы вѣроятно встрѣтимъ нѣсколько лицъ особенно высокихъ или особенно низкихъ ростомъ, гигантовъ или карликовъ въ физическомъ или моральномъ отношеніи. Такіе случаи не составляютъ просто игры природы, такъ какъ они встрѣчаются въ такомъ числѣ, которое близко согласуется съ закономъ погрѣшности или уклоненія отъ средней величины, какъ показали Кетеле и Гальтонъ [1]). Появленіе геніевъ и людей съ необыкновенными музыкальными способностями Гальтонъ приписываетъ тому же принципу уклоненія.

---

[1]) Максуэлль, Theory of Heat, 1871, p. 175.

Когда дѣйствуютъ вмѣстѣ нѣсколько отдѣльныхъ силъ, то могутъ получиться удивительные или страшные результаты. Страшные ураганы, наводненія, засухи и другія уклоненія отъ средняго состоянія атмосферы относятся къ числу такихъ результатовъ. Слѣдуетъ ожидать, что они будутъ встрѣчаться отъ времени до времени, и однако всетаки рѣдко сравнительно съ меньшими возмущеніями. Это не аномальныя, но только крайнія явленія, аналогичныя съ крайними шансами. Нѣкоторые ошибочно представляютъ себѣ, будто теорія вѣроятностей необходимо требуетъ однообразія въ повтореніи событій, такъ что въ одинаковое время будетъ всегда приблизительно одно и то же количество несчастій на желѣзныхъ дорогахъ и убійствъ. Бокль сдѣлалъ поверхностное замѣчаніе о постоянствѣ такихъ событій показанномъ Кетеле и нѣкоторые изъ его читателей пришли къ ложному заключенію, что существуетъ таинственный неумолимый законъ производящій однообразіе въ человѣческихъ дѣйствіяхъ. Но это совершенно противорѣчитъ теоріи вѣроятностей, которая всегда имѣетъ въ виду и необыкновенные шансы [2]). Теорія эта показываетъ большую вѣроятность того, чтобы число несчастій на желѣзныхъ дорогахъ ежемѣсячно было всегда равно или приблизительно равно. Всякое необыкновенное стеченіе обстоятельствъ сильно возбуждаетъ общественное мнѣніе, и поэтому является ошибочная тенденція предполагать, что такое стеченіе должно происходить отъ какой нибудь новой причины проявляющей свое дѣйстіе. Если только не доказано ясно, что такія необыкновенныя стеченія встрѣчаются гораздо чаще, чѣмъ этого можно было ожидать по теоріи вѣроятностей, то мы должны смотрѣть на нихъ только какъ на уклоняющіяся исключенія.

---

[1]) Гальтонъ, On the Height and Weight of Boys въ Journal of the Anthropological Institute, 1875. p. 174.

[2]) А если бы человѣческія дѣйствія не управлялись неумолимымъ закономъ и зависѣли бы отъ безпричиннаго произвола, тогда теорія вѣроятностей въ примѣненіи къ нимъ не имѣла бы смысла. Притомъ Бокль говорилъ не о теоріи вѣроятностей, а о статистическомъ фактѣ свидѣтельствовавшемъ о постоянствѣ средняго числа несчастій или преступленій въ данное время. Это постоянство ясно говорило о существованіи закона и о безсиліи произвола или воли. Этотъ выводъ дѣлаютъ и психологія и теорія вѣроятностей. Если въ данное время было столько то убійствъ или несчастій, то въ такое же время будетъ ихъ приблизительно столько же и въ будущемъ, если не измѣнятся условія, — это такой же неумолимый законъ какъ всѣ другіе законы природы или соціальной жизни. Какіе бы крайніе необыкновенные шансы ни представляла теорія вѣроятностей, но она никогда не скажетъ, что въ непосредственномъ будущемъ въ данное время не случится ни одного несчастія, ни одного убійства; а что возможны въ извѣ-

Затмѣнія и замѣчательныя соединенія небесныхъ тѣлъ также должны считаться результатами обыкновенныхъ законовъ, и однакоже кажется, какъ будто они нарушаютъ правильный ходъ природы и всегда возбуждаютъ удивленіе. Частота появленія такихъ событій бываетъ весьма различна. Тотъ или другой изъ спутниковъ Юпитера подвергается затмѣнію почти каждый день, но одновременное затмѣніе трехъ спутниковъ можетъ происходить по вычисленію Варгентина по истеченіи 1317900 лѣтъ. Отношенія между четырьмя спутниками таковы, что по теоріи тяготѣнія дѣйствительно невозможно, чтобы они всѣ подверглись затмѣнію одновременно. Но можетъ случиться, что въ то время какъ нѣкоторые изъ спутниковъ дѣйствительно затмѣваются, вступая въ тѣнь Юпитера, другіе или покрываются или становятся невидимыми, проходя по диску его. Такъ четыре раза, въ 1681, 1802, 1826 и 1843 Юпитеръ былъ видѣнъ въ необыкновенномъ положеніи, такъ какъ около него не было видно ни одного спутника. Близкое соединеніе двухъ планетъ всегда возбуждаетъ удивленіе, хотя такія соединенія должны повременамъ случаться при обыкновенномъ ходѣ ихъ движеній. Поэтому нѣтъ ничего удивительнаго, что отъ самой глубокой древности дошли до насъ свѣдѣнія о такомъ событіи, какъ близкое соединеніе трехъ или четырехъ планетъ. Самое замѣчательное соединеніе Марса, Юпитера, Сатурна и Меркурія бывшее въ 2446 г. до Р. Х. было принято китайскимъ императоромъ, Чуэнь-Хіо, какъ новая эпоха его имперіи, хотя существуетъ сомнѣніе, дѣйствительно ли наблюдалось такое соединеніе, или же оно было вычислено на основаніи предположенныхъ законовъ движенія планетъ. Несомнѣнно, что 11 ноября 1524 планеты Венера, Юпитеръ, Марсъ и Сатурнъ были видимы близко одна подлѣ другой, между тѣмъ какъ Меркурій отстоялъ отъ нихъ на около 16° или на 30 видимыхъ поперечниковъ солнца, и вѣроятно это было самое замѣчательное соединеніе изъ всѣхъ случавшихся въ историческія времена.

стныхъ предѣлахъ уклоненія отъ средняго числа,—этого не отрицалъ Бокль и не станетъ отрицать ни одинъ здравомыслящій человѣкъ. *Прим. перев.*

Между возмущеніями планетъ мы находимъ уклоняющіяся исключенія происходящія отъ особеннаго накопленія дѣйствій, какъ напр. въ продолжительномъ неравенствѣ Юпитера и Сатурна (стр. 427). Леверрье показалъ, что есть одно мѣсто между орбитами Меркурія и Венеры и другое между орбитами Марса и Венеры замѣчательныя тѣмъ, что если малая планета попадетъ на нихъ, то подвергнется громадному сравнительно возмущенію въ элементахъ своей орбиты. Между Марсомъ и Юпитеромъ встрѣчаются меньшія планеты, орбиты которыхъ во многихъ случаяхъ представляютъ исключительныя уклоненія 1).

Къ уклоняющимся исключеніямъ мы можемъ отнести всѣ или почти всѣ вещества обладающія физическими свойствами въ весьма высокой или низкой степени и описанныя въ главѣ объ обобщеніи. Ртуть представляетъ уклоненіе между металлами по своей точкѣ плавленія, а калій и натрій по своему удѣльному вѣсу. Уродливыя образованія и видоизмѣненія въ животномъ и растительномъ царствѣ тоже должны быть отнесены къ этому же классу исключеній.

Достойно замѣчанія, что даже въ такомъ предметѣ какъ формальная логика повидимому встрѣчаются уклоняющіяся исключенія, не случайныя конечно, но представляющія въ необыкновенной степени явленіе, которое болѣе или менѣе обнаруживается во всѣхъ другихъ случаяхъ. Я указалъ (стр. 138), что предложенія общаго типа A=BC ·|· bc могутъ выражаться въ 6 равнозначныхъ логическихъ формахъ, такъ что они обнаруживаютъ въ большей степени чѣмъ всякое другое предложеніе явленія логической равнозначности.

Случайныя исключенія.

Къ третьему и самому большому классу исключеній относятся тѣ, которыя происходятъ отъ случайнаго вмѣшательства постороннихъ причинъ. Существуетъ извѣстный законъ и онъ долженъ вполнѣ осуществляться; но въ то время какъ мы воображаемъ, будто изслѣдуемъ его результаты, передъ нами могутъ быть дѣйствія иной причины, не имѣющей связи съ предметомъ нашего изслѣдованія. Законъ собственно не нарушается, но въ то же время и предполагаемое исключеніе не есть иллюзія. Возможно явленіе, которое можетъ совершиться не иначе какъ только при условіи изслѣдуемаго закона; однако возможно такое постороннее вмѣшательство, что наука при видѣ его повидимому оказывается несостоятельною. Напр. нѣтъ повидимому предмета, въ ко-

---

1) Грантъ, History of Physical Astronomy, p. 116.

торомъ были бы установлены болѣе строгіе и болѣе неизмѣнные законы чѣмъ въ кристаллографіи. Какъ общее правило каждое химическое вещество имѣетъ свойственную ему опредѣленную форму, по которой его можно узнать безошибочно; но минералогъ долженъ всегда остерегаться, чтобы его не ввели въ заблужденіе такъ называемые псевдоморфные кристаллы. Въ нѣкоторыхъ обстоятельствахъ вещество, принявши свою собственную кристаллическую форму можетъ впослѣдствіи подвергнуться химическому измѣненію; можетъ уйти прежняя составная часть или можетъ присоединиться новая, или одинъ элементъ можетъ замѣнить другой. Въ углекислой извести угольная кислота иногда замѣщается сѣрною, такъ что мы находимъ гипсъ въ формѣ кальцита; извѣстны и другіе случаи, гдѣ происходитъ обратный процессъ и кальцитъ находится въ формѣ гипса. Слюда, талькъ, стеатитъ, гематитъ и другіе минералы подвержены такимъ любопытнымъ превращеніямъ. Иногда кристаллъ заключенный въ матрицу совершенно растворяется и въ образовавшейся полости какъ въ формѣ отлагается впослѣдствіи новый минералъ. Такимъ образомъ встрѣчается кварцъ во многихъ формахъ совершенно несвойственныхъ ему. Встрѣчается еще болѣе сложный случай. Углекислая известь способна принимать двѣ различныя кристаллическія формы, имѣющія и разныя названія кальцита и аррагонита. Аррагонитъ, сохраняя неизмѣнною свою внѣшнюю форму, можетъ подвергнуться внутреннему и молекулярному превращенію въ кальцитъ, какъ показываетъ измѣнившаяся спайность. Значитъ мы можемъ встрѣтить кристаллъ повидимому аррагонитъ, который съ перваго взгляда нарушаетъ всѣ законы кристаллографіи, обладая спайностью принадлежащею иной системѣ кристаллизаціи.

Нѣкоторые изъ самыхъ неизмѣнныхъ законовъ природы маскируются вмѣшательствомъ неожиданныхъ причинъ. Въ то время, когда барометръ былъ еще новымъ и любопытнымъ предметомъ изслѣдованія, его теоріи составленной Торичелли и Паскалемъ повидимому противорѣчилъ тотъ фактъ, что въ хорошо устроенномъ инструментѣ ртуть часто стояла гораздо выше 31 дюйма. Бойль показалъ [1]), что въ хорошо вычищенной трубкѣ можно заставить ртуть держаться на 75 дюймахъ или почти въ два съ половиною раза выше чѣмъ можетъ держать ее атмосферное давленіе. Вслѣдствіе этого были придуманы многія теоріи о давленіи воображаемыхъ жидкостей [2]) и предметъ этотъ оставался неуясненнымъ до тѣхъ поръ, пока не было показано, что посторонней причиною производящею это явленіе было сцѣпленіе между стекломъ и ртутью, когда они приведены въ совершенное соприкосновеніе. Но мнѣ кажется, что и до настоящаго времени это явленіе не понято какъ слѣдуетъ.

---

[1]) Discourse to the Royal Society, 28 May, 1684.

[2]) Робертъ Гукъ, Posthumous Works, p. 365.

Гей-Люссакъ замѣтилъ, что температура кипѣнія воды въ однихъ сосудахъ бываетъ иная чѣмъ въ другихъ. Только въ соприкосновеніи съ металлическими или рѣзко угловатыми поверхностями температура кипѣнія бываетъ постоянно 100° Ц. Пріостановленное замерзаніе жидкостей есть другой случай, гдѣ дѣйствіе закона природы кажется прерваннымъ. Сфероидальное кипѣніе съ перваго раза казалось аномальнымъ явленіемъ; казалось почти невѣроятнымъ, чтобы вода не кипѣла въ раскаленномъ до-красна сосудѣ или чтобы въ такомъ сосудѣ могъ образоваться ледъ. Но эти парадоксальные результаты вполнѣ объяснены, и они происходятъ отъ того, что между шариками жидкости и стѣнками сосуда находится не проводящій слой пара. Дѣйствія фокусниковъ погружающихъ руку въ расплавленные металлы объясняются такимъ же образомъ. Одно время пассивное состояніе стали казалось совершенно аномальнымъ. Можно считать общимъ закономъ, что когда куски электро-отрицательнаго и электро-положительнаго металла помѣщены въ азотную кислоту и приведены въ соприкосновеніе, то электро-отрицательный металлъ подвергается быстрому растворенію. Но когда желѣзо электро-отрицательно, а платина электро-положительна, тогда раствореніе желѣза совершенно и быстро прекращается. Фаредей остроумно доказалъ, что это дѣйствіе происходитъ отъ тонкаго слоя окиси желѣза, которая образуется на поверхности желѣза и защищаетъ его [1]).

Законъ тяжести до такой степени простъ и не связанъ съ другими законами природы, что онъ никогда не подвергается никакому возмущенію и не маскируется ничѣмъ другимъ какъ только усложненіемъ своихъ собственныхъ дѣйствій. Совершенно иное дѣло тѣ второстепенные законы планетной системы, которые имѣютъ только эмпирическое основаніе. Тотъ фактъ, что всѣ давно извѣстныя планеты и спутники имѣютъ одинаковое движеніе съ запада на востокъ не вытекаетъ ни изъ какихъ принциповъ механики, но указываетъ на какое-то общее условіе существовавшее въ туманной массѣ, изъ которой развилась наша система. Ретроградное движеніе спутниковъ Урана составляетъ явное нарушеніе этого закона однообразнаго направленія, сдѣлавшееся еще болѣе интереснымъ послѣ того какъ оказалось, что единственный спутникъ Нептуна также движется ретроградно. Вѣроятно, какъ замѣтилъ Б. Поуэлль, что эта аномалія не останется единичною и станетъ случаемъ другаго закона, указывающаго на какое нибудь общее возмущеніе происшедшее на границахъ планетной системы. Не только спутники подвергнулись этому измѣненію, но и самъ Уранъ представляетъ ту аномалію, что ось его вращенія лежитъ почти въ плоскости эклиптики. И Нептунъ составляетъ частное исключеніе изъ эмпирическаго закона Боде относительно разстояній планетъ; вѣроятно и это обстоятельство можетъ быть объяснено тѣмъ же возмущеніемъ.

---

[1]) Experim. Resear. in Electricity, v. II, p, 240—245.

Въ геологіи тоже вѣроятны случайныя исключенія. Только тогда, когда мы находимъ пласты въ ихъ первоначальныхъ относительныхъ положеніяхъ, мы можемъ съ увѣренностью заключать, что порядокъ налеганія пластовъ есть порядокъ ихъ образованія по времени. Но не рѣдко случается, что пласты возмущены, опрокинуты, изогнуты складками вслѣдствіе большаго давленія. Оползни могутъ перенести массу горной породы къ пластамъ не относящимся къ ней и дать результаты повидимому необъяснимые [1]). Наводненія, потоки, плавающія ледяныя горы и другіе случайные дѣятели могутъ перенести органическія остатки на тѣ мѣста, гдѣ ихъ никакъ нельзя было ожидать. Хотя такія случайныя причины иногда ошибочно предполагались для объясненія важныхъ открытій, однако геологъ долженъ постоянно имѣть въ виду возможность такихъ случайныхъ вмѣшательствъ. Немногимъ болѣе столѣтія тому назадъ думали, что окаменѣлости были случайными произведеніями природы, просто формами, которыя приняли минеральныя вещества безъ всякой особенной причины. Вольтеръ кажется не принималъ такого объясненія; но боясь, чтобы нахожденіе окаменѣлыхъ рыбъ на Альпахъ не послужило подтвержденіемъ Моисеевскаго повѣствованія о потопѣ, не задумался объяснять эти окаменѣлости остатками рыбъ случайно занесенныхъ туда богомольцами. При археологическихъ розысканіяхъ нужно быть крайне осторожнымъ и имѣть въ виду, что въ изслѣдуемомъ мѣстѣ могли быть вторичныя погребенія въ древнихъ гробахъ и курганахъ, подражанія, поддѣлки, случайныя совпаденія, перерыванія произведенныя послѣдующими племенами или другими археологами. Въ обыкновенной жизни по временамъ случаются необыкновенныя событія, въ родѣ того напр. какъ одна пастушка во Франціи была поражена желѣзною цѣпью упавшею подлѣ нея съ неба, т. е. брошенною Гей-Люссакомъ изъ своего аэростата, который въ то время пролеталъ надъ ея головою.

Новыя и необъясненныя исключенія.

Когда какой нибудь законъ природы повидимому не исполняется, потому что другой какой нибудь законъ помѣшалъ его дѣйствію, тогда могутъ представиться два случая: или мѣшающій законъ уже извѣстенъ или онъ еще не открытъ. Въ первомъ случаѣ, достаточно разъясненномъ въ предшествущемъ параграфѣ, намъ остается только вычислить возможно точное количество мѣшающаго дѣйствія, произвести соотвѣтствующую поправку; тогда и разъяснится кажущаяся недѣйствительность разсматриваемаго закона. Но во второмъ случаѣ результаты могутъ быть болѣе важные. Явленіе, которое нельзя объяснить никакими извѣстными законами, можетъ указывать на вмѣшательство какихъ нибудь еще не открытыхъ естественныхъ силъ. Древніе не могли не замѣтить, что общее стремленіе тѣлъ падать не обнаруживалось въ присутствіи магнита и этого исключенія нельзя было объяснить ученіемъ о естественной легкости, потому что вещество притягивающееся магнитомъ вверхъ было тяжелый металлъ. Мы теперь знаемъ, что здѣсь не было нарушенія совершенной общности закона тяготѣнія, но что въ магнитѣ обнаруживалась новая форма живой силы.

---

[1]) Мурчисонъ, Silurian System, v. II, p. 733 ets.

Другія науки показываютъ намъ, что законы природы, строго точные и вѣрные, могутъ быть развиваемы тѣми, которые не знаютъ болѣе сложныхъ явленій обусловливаемыхъ этими же законами. Пониманіе Ньютономъ геометрической оптики было достаточно для объясненія всѣхъ обыкновенныхъ преломленій и отраженій свѣта. Простые законы диффракціи лучей примѣняются ко всѣмъ лучамъ, каковъ бы ни былъ характеръ волнообразныхъ движеній составляющихъ ихъ. Ньютонъ подозрѣвалъ существованіе другихъ классовъ явленій, когда говорилъ о лучахъ имѣющихъ стороны; но только позднѣйшимъ экспериментаторамъ было суждено показать, что свѣтъ есть поперечное волнообразное движеніе подобное изгибанію прута или веревки.

Атомистическая теорія безъ сомнѣнія вѣрна обо всѣхъ химическихъ соединеніяхъ и сущность ея состоитъ въ томъ, что одно и тоже соединеніе содержитъ одни и тѣ же элементы въ однихъ и тѣхъ же опредѣленныхъ пропорціяхъ. Чистая углекислая известь содержитъ 48 частей по вѣсу кислорода на 40 кальція и 12 углерода. Но когда были сдѣланы тщательные анализы многихъ минераловъ, то законъ повидимому не оправдался. Одинъ и тотъ же минералъ, смотря по кристаллической формѣ и физическимъ свойствамъ, давалъ разныя пропорціи своихъ составныхъ частей и иногда содержалъ посторонніе элементы, которые нельзя было считать просто примѣсями. Доломитъ напримѣръ есть соединеніе углекислой извести и магнезіи; но образчики изъ разныхъ мѣстностей не показывали никакого постояннаго отношенія между известью и магнезіей. Такіе факты могли быть примирены съ закономъ Дальтона только предположеніемъ вмѣшательства новаго закона изоморфизма.

Въ настоящее время показано, что извѣстные элементы относятся другъ къ другу такимъ образомъ, что они могутъ замѣщать другъ друга, не измѣняя формы кристалловъ, въ составъ которыхъ они входятъ. Углекислыя соединенія желѣза, кальція и магнія почти тожественны по своимъ кристаллическимъ формамъ; поэтому они вмѣстѣ могутъ кристаллизоваться согласно, давая смѣшанные минералы значительной сложности, которые тѣмъ не менѣе совершенно подтверждаютъ законы эквивалентныхъ пропорцій. Этотъ принципъ изоморфизма не только объясняетъ то, что прежде было камнемъ преткновенія, но и даетъ химику полезныя указанія при рѣшеніи вопроса о строеніи новыхъ солей, потому что сложныя соединенія изоморфныхъ элементовъ имѣющія тождественную кристаллическую форму должны имѣть и соотвѣтствующія химическія формулы.

Мы можемъ ожидать, что отъ времени до времени будутъ открываемы необыкновенныя явленія, которыя поведутъ къ новымъ взглядамъ на природу. Такъ напр. недавнее открытіе, что сопротивленіе оказываемое селеномъ электрическому току измѣняется въ сильнѣйшей степени отъ дѣйствія лучей свѣта падающихъ на селенъ, указываетъ на новое отношеніе между свѣтомъ и электричествомъ [1]). Аллотропическія измѣненія, которымъ подвергаются сѣра, селенъ и фосфоръ вслѣдствіе измѣненія въ количествѣ содержащейся въ нихъ скрытой теплоты, вѣроятно поведутъ когда нибудь къ важнымъ умозаключеніямъ относительно молекулярнаго строенія твердыхъ тѣлъ и жидкостей. Любопытное вещество озонъ приводило въ затрудненіе многихъ химиковъ, и Андрьюсъ и Тетъ думали, что оно служитъ доказательствомъ разложенія кислорода электрическимъ разрядомъ. Изслѣдованія Броди опровергаютъ это мнѣніе и представляютъ доказательство дѣйствительнаго строенія этого вещества[2]), которое всетаки остается исключительнымъ по своимъ свойствамъ и отношеніямъ и подаетъ надежду на важныя открытія въ теоретической химіи.

Ограничивающія исключенія.

Мы переходимъ теперь къ тѣмъ случаямъ, въ которыхъ исключительныя явленія дѣйствительно непримиримы съ закономъ природы, который прежде считался вѣрнымъ. Несомнѣнно значитъ, что сдѣлана была ошибка, и эта ошибка могла быть болѣе или менѣе обширною. Можетъ случиться, что законъ дѣйствительно вѣрный относительно изслѣдованныхъ фактовъ былъ распространенъ по обобщенію на другіе ряды фактовъ еще не изслѣдованныхъ.

---

[1]) Этотъ фактъ привелъ къ открытію фотофона, передающаго на большія разстоянія звукъ при помощи свѣта. Въ телефонѣ отправляющій и принимающій аппаратъ соединены проволокой, въ фотофонѣ же они соединены пучкомъ яркаго свѣта. *Прим. перев.*

[1]) Phil. Trans. v. CLXII. № 23.

Дальнѣйшее изслѣдованіе можетъ показать ложность этого обобщенія и результатомъ этого можетъ быть то, что законъ ограничивается примѣненіемъ къ тѣмъ только предметамъ, относительно которыхъ онъ дѣйствительно вѣренъ. Противорѣчіе нашимъ прежнимъ воззрѣніямъ оказывается только частное, а не всецѣлое.

Ньютонъ высказалъ какъ результатъ опыта, что каждый лучъ однороднаго свѣта имѣетъ опредѣленную преломляемость, которая сохраняется въ немъ постоянно, пока онъ не погаснетъ. Это есть случай общаго принципа волнообразнаго движенія, который Ньютонъ формулировалъ подъ названіемъ «принципа подчиненныхъ колебаній» (стр. 423) и утверждалъ, что онъ рѣшительно не имѣетъ никакихъ исключеній. Но Гершель самъ описалъ въ Phil. Trans. за 1845 любопытное явленіе обнаруживающееся въ растворѣ хинина; если смотрѣть при проходящемъ свѣтѣ, то растворъ кажется безцвѣтнымъ, но въ нѣкоторыхъ другихъ положеніяхъ онъ представляетъ прекрасный небесноголубой оттѣнокъ. Довольно любопытно то, что такой оттѣнокъ видѣнъ только въ первой части жидкости, въ которую входитъ свѣтъ. Подобныя же явленія въ плавиковомъ шпатѣ были описаны Брьюстеромъ въ 1838. Стоксъ, подробно изслѣдовавши это явленіе, открылъ, что они болѣе или менѣе обнаруживаются во всѣхъ почти растительныхъ настояхъ и въ нѣкоторыхъ минеральныхъ веществахъ. Онъ пришелъ къ тому заключенію, что это явленіе названное имъ флуоресценціей можетъ быть объяснено только измѣненіемъ преломляемости лучей свѣта; онъ утверждаетъ, что свѣтовые лучи съ весьма короткими волнами, падая на извѣстные атомы, производятъ волны большей длины въ противоположность принципу подчиненныхъ колебаній. До сихъ поръ невозможно полное объясненіе способа этого измѣненія, потому что оно зависитъ отъ внутренняго строенія атомовъ названныхъ веществъ; но Стоксъ думаетъ, что принципъ подчиненныхъ вибрацій вѣренъ только тогда, когда размахи атома весьма малы сравнительно съ величиною сложныхъ частицъ [1]).

Извѣстно, что при раскаленіи преломляемость лучей увеличивается и длина волны уменьшается. Лучи темной теплоты и слабой преломляемости могутъ быть сосредоточены такъ, что раскалятъ твердое тѣло и заставятъ его испускать лучи относящіяся къ какой нибудь части спектра и вѣроятно это дѣйствіе происходитъ отъ ударовъ между различными сталкивающимися атомами. И не въ одномъ только свѣтѣ мы встрѣчаемъ ограничивающія исключенія изъ закона подчиненныхъ вибрацій; потому что наблюдая слабыя волны ударяющія въ камни на берегу озера, мы видимъ, что каждая большая волна ударившись о камень, разбивается на цѣлый рядъ меньшихъ волнъ. Принципъ подчиненныхъ вибрацій формулированъ Гершелемъ въ слишкомъ общемъ видѣ, и для механической теоріи трудно рѣшить вопросъ, при какихъ обстоятельствахъ онъ оказывается вѣрнымъ или не вѣрнымъ.

---

[1]) Phil. Trans. 1852, v. CXLII. p. 465, 548 etc.

Мы иногда можемъ предвидѣть возможность существованія исключеній еще неизвѣстныхъ по опыту и поэтому можемъ ограничить общность нашихъ открытій. Обширныя изслѣдованія показали, что всѣ до сихъ поръ изслѣдованныя вещества раздѣляются на два класса: они или желѣзно-магнитны, т. е. магнитны такъ какъ желѣзо, или же они діамагнитны какъ висмутъ. Но изъ этого не слѣдуетъ, что каждое вещество должно быть или желѣзно-магнитнымъ или-діамагнитнымъ. Магнитныя свойства, какъ показалъ В. Томсонъ ¹), зависятъ отъ специфической индуктивной способности вещества въ трехъ перпендикулярныхъ направленіяхъ. Если эти индуктивныя способности всѣ положительны, то мы имѣемъ желѣзно-магнитное вещество, если же отрицательны, то діамагнитное; но если специфическая индуктивная способность положительна въ одномъ направленіи и отрицательна въ другихъ, то мы имѣемъ исключеніе изъ указаннаго положенія и вещества нельзя отнести ни къ одному изъ признанныхъ доселѣ классовъ.

Такъ много газовъ было обращено въ жидкое состояніе и такъ много тѣлъ было расплавлено, что учоные поспѣшно приняли обобщеніе, что всѣ вещества могутъ существовать во всѣхъ трехъ состояніяхъ. Нѣсколько газовъ, каковы напр. кислородъ, водородъ и азотъ до сихъ поръ сопротивлялись всѣмъ усиліямъ сгустить ихъ въ жидкость и теперь судя по опытамъ Андрьюса кажется вѣроятнымъ, что они представляютъ ограничивающія исключенія. Онъ нашолъ, что выше 31° Ц. угольная кислота не можетъ быть обращена въ жидкость никакимъ давленіемъ, какое только онъ могъ употребить, между тѣмъ какъ ниже этой температуры сгущеніе въ жидкость всегда возможно. По аналогіи становится вѣроятнымъ, что водородъ можетъ быть превращенъ въ жидкость, если его охладить до очень низкой температуры ²). Мы должны измѣнить наши взгляды, или утверждать, что ниже извѣстной критической температуры всякій газъ можетъ быть сгущенъ въ жидкость, или предположить, что въ высшей степени сгущенный газъ, если температура его выше критической, не отличимъ отъ жидкости. Въ тоже время мы имѣемъ объясненіе замѣчательнаго исключенія представляемаго жидкою угольною кислотою изъ того общаго правила, что газы расширяются отъ теплоты болѣе чѣмъ жидкости. Тилорье

---

¹) Phil. Mag. 4 ser., v. I. p. 182.

²) Какъ извѣстно, это уже теперь и достигнуто. *Прим. перев.*

нашолъ въ 1835, что жидкая угольная кислота расширяется вчетверо больше чѣмъ воздухъ; но опыты Андрьюса научили насъ смотрѣть на жидкость скорѣе какъ на въ высшей степени сгущенный газъ, чѣмъ какъ на обыкновенную жидкость, и въ настоящее время дѣйствительно возможно довести газъ до видимо жидкаго состоянія безъ всякаго рѣзкаго сгущенія [1]).

Ограничивающія исключенія чаще всего встрѣчаются въ естественныхъ наукахъ, ботаникѣ, зоологіи и проч., которыя имѣютъ эмпирическіе законы. Въ безчисленномъ множествѣ случаевъ самыя твердыя убѣжденія одного поколѣнія оказывались ложными вслѣдствіе болѣе обширныхъ наблюденій слѣдующаго поколѣнія. Аристотель былъ увѣренъ въ томъ, что всѣ лебеди бѣлы и это положеніе считалось вѣрнымъ до тѣхъ поръ, пока не были открыты около ста лѣтъ назадъ въ западной Австраліи черные лебеди. Мы можемъ предполагать, что въ зоологіи и физіологіи существуетъ коренное тожество въ жизненныхъ процессахъ, но постоянныя открытія показываютъ, что нѣтъ предѣла повидимому аномальнымъ способамъ, которыми воспроизводится жизнь. Попеременное воспроизведеніе, оплодотвореніе на нѣсколько послѣдующихъ поколѣній, гермафродитизмъ противорѣчатъ всему тому, чего мы могли бы ожидать по индукціи основанной на высшихъ животныхъ. Но такія явленія представляютъ только ограничивающія исключенія, показывающія, что то, что вѣрно объ одномъ классѣ, можетъ быть невѣрно о другомъ. У нѣкоторыхъ головоногихъ мы встрѣчаемъ необыкновенный фактъ, что ножка мужской особи отрывается и живетъ независимо, пока не встрѣтится съ женской.

Дѣйствительныя исключенія изъ предполагаемыхъ законовъ.

Исключенія, которыя намъ предстоитъ теперь разсматривать, самыя важныя, такъ какъ они ведутъ къ совершенному отрицанію прежде принятаго закона или теоріи. Ни одинъ законъ природы не можетъ не исполниться; въ дѣйствительности невозможны настоящія исключенія изъ дѣйствительныхъ законовъ. Если и существуетъ противорѣчіе, то только въ умѣ экспериментатора. Или тотъ законъ есть только воображаемый, которому противорѣчитъ явленіе или это явленіе только призрачно; и поэтому если наши чувства убѣждаютъ насъ въ существованіи явленія, то мы должны отвергнуть законъ какъ призрачный. Послѣдователи Аристотеля думали, что природа боится пустоты и этимъ объясняли поднятіе воды въ насосѣ. Но когда Торичелли указалъ на тотъ очевидный фактъ, что вода не поднимается въ насосѣ выше 33 футовъ, а ртуть въ стекляной трубкѣ выше 30 дюймовъ, тогда они пытались объяснить эти факты какъ ограничивающія исключенія, говоря, что природа боится пустоты только до извѣстной высоты, но не дальше. Но флорентинскіе академики довершили ихъ пораженіе, показавши, что если мы устранимъ давленіе окружающаго воздуха и въ той мѣрѣ, какъ мы устраняемъ его, боязнь природы къ пустотѣ уменьшается и наконецъ совершенно исчезаетъ. Даже Аристотелевскія доктрины не могли устоять передъ такимъ прямымъ противорѣчіемъ.

---

[1]) Максуэлль, Theory of Heat, p. 123.

Идеи Лавуазье о составѣ кислотъ также были вполнѣ опровергнуты. Онъ назвалъ кислородъ образователемъ кислотъ, такъ какъ онъ думалъ, что всѣ кислоты содержатъ въ себѣ кислородъ—обобщеніе основанное на недостаточныхъ данныхъ. Бертоле еще въ 1789 доказалъ анализами, что сѣрнистый водородъ и синильная кислота, ясно играющія роль кислотъ, не содержатъ кислорода; первый случай еще можно было объяснить какъ ограничивающее исключеніе; но когда было найдено, что даже такая сильная кислота, какъ хлористоводородная, не содержитъ кислорода, тогда теорія была вполнѣ уничтожена. Теорія Берцеліуса о двойственномъ характерѣ химически соединяющихся веществъ подверглась такой же участи.

Очевидно, что всѣ рѣшительные круціальные опыты составляютъ дѣйствительныя исключенія относительно законовъ предполагаемыхъ теорій, которыя опровергается. Ньютоновская теорія истеченія свѣта была отвергнута не вслѣдствіе ея нелѣпости или немыслимости, потому что въ этихъ отношеніяхъ она, какъ мы видѣли, далеко превосходитъ волнообразную теорію. Она была отвергнута потому, что извѣстныя цвѣтныя каймы не являлись какъ разъ въ тѣхъ мѣстахъ и какъ разъ такой величины, какъ этого слѣдовало бы ожидать по вычисленіямъ на основаніи теоріи. Одинъ только фактъ явно непримиримый съ теоріей уже влечетъ за собою ея отверженіе. Въ большомъ числѣ случаевъ то, что кажется фатальнымъ исключеніемъ, можетъ быть впослѣдствіи объяснено какъ единичный или замаскированный результатъ законовъ, которымъ оно повидимому противорѣчитъ или же какъ дѣйствіе происшедшее отъ вмѣшательства постороннихъ причинъ; но если и этими способами фактъ оказывается непримиримымъ, тогда онъ имѣетъ большую силу чѣмъ всякія теоріи или догмы.

Въ послѣднее время было разрушено не мало доктринъ любимыхъ геологами. Существовало общее убѣжденіе, что человѣческіе остатки находятся только въ тѣхъ осадкахъ, которыя образуются и въ настоящее время, такъ что происхожденіе человѣка относилось къ современному геологическому періоду. Открытіе одного только кремневаго орудія въ болѣе древнихъ пластахъ и вмѣстѣ съ остатками вымершихъ животныхъ млекопитающихъ было достаточно для ниспровержeнія этой доктрины. Подобнымъ же образомъ мнѣнія геологовъ измѣнились вслѣдствіе открытія Eozoon въ лаврентьевскихъ пластахъ Канады; а до этого думали, что окаменѣлости не встрѣчались ни въ какихъ пластахъ древнѣе кембрійской системы. По мѣрѣ того какъ изслѣдованіе пластовъ земнаго шара становится болѣе полнымъ, наши взгляды на происхожденіе и ходъ развитія жизни на землѣ подвергаются значительнымъ измѣненіямъ.

Неклассифицированныя исключенія.

Въ каждомъ періодѣ научнаго прогресса будетъ представляться множество необъясненныхъ явленій, о которыхъ мы не знаемъ, какъ смотрѣть на нихъ. Это отдѣльно стоящіе факты, на которые должны быть обращены труды изслѣдователей,—это руды, изъ которыхъ будетъ извлечено золото будущаго открытія. Можно было бы думать, что по мѣрѣ того какъ увеличиваются наши познанія о законахъ природы, число такихъ исключеній будетъ уменьшаться; а оказывается напротивъ, что чѣмъ больше мы узнаемъ, тѣмъ болѣе остается необъясненнаго. Это происходитъ отъ многихъ причинъ. Во 1-хъ, главные законы и силы природы многочисленны, такъ что тотъ, кто знаетъ удивительно большія числа получающіяся въ ученіи о сочетаніяхъ, всегда будетъ предполагать существованіе громаднаго числа отношеній одного закона къ другому. Если мы овладѣли закономъ, то въ нашихъ рукахъ находятся уже по возможности всѣ его послѣдствія; но изъ этого не слѣдуетъ, что умъ человѣческій при своей ограниченности можетъ вывести всѣ ихъ до подробностей. Какъ аберрація свѣта была открыта эмпирически, хотя ее можно было предвидѣть и теоретически, такъ есть множество необъясненныхъ фактовъ, связь которыхъ съ извѣстными уже намъ законами природы могла бы быть понята, если бы этому не препятствовало несовершенство нашихъ индуктивныхъ способностей. Но, во 2-хъ, нельзя предполагать, чтобы мы приблизились къ исчерпывающему познанію силъ природы. Самые обыкновенные факты могутъ заключать въ себѣ указанія на силы сокрытыя теперь для насъ, потому, что нашъ умъ не направляетъ нашихъ глазъ на разсмотрѣніе ихъ. Прогрессъ науки состоитъ въ открытіи по временамъ новыхъ исключительныхъ явленій и постепенномъ подведеніи ихъ подъ одинъ или другой изъ описанныхъ уже классовъ. Когда новый фактъ оказывается просто ложнымъ, кажущимся, единичнымъ, уклоняющимся случайнымъ исключеніемъ, то мы этимъ все таки пріобрѣтаемъ болѣе подробное и точное знаніе о дѣйствіи законовъ уже извѣстныхъ намъ. Мы конечно не получаемъ при этомъ добавленія къ тому, что уже implicite находилось въ нашемъ обладаніи; но существуетъ большая разница между знаніемъ законовъ природы и пониманіемъ всѣхъ ихъ сложныхъ дѣйствій. Если новый фактъ оказался ограничивающимъ или дѣйствительнымъ исключеніемъ, то мы должны измѣнить въ цѣломъ или отчасти наши возрѣнія, и этимъ мы освобождаемся отъ ошибокъ, въ которыя впадаемъ. Наконецъ новый фактъ можетъ принадлежать къ 6 классу и можетъ оказаться новымъ явленіемъ, указывающимъ на существованіе новыхъ законовъ и силъ, только усложняющимъ, но не измѣняющимъ дѣйствій законовъ и силъ уже извѣстныхъ прежде.

Самый лучшій извѣстный мнѣ примѣръ неразрѣшимаго исключительнаго явленія представляютъ ненормальныя плотности паровъ фосфора, мышьяка, ртути и кадмія. Одинъ изъ самыхъ важныхъ законовъ химіи, открытый Гей-Люссакомъ, гласитъ, что равные объемы газовъ точно соотвѣтствуютъ эквивалентнымъ вѣсамъ веществъ. А между тѣмъ фосфоръ и мышьякъ даютъ пары вдвое болѣе плотные, чѣмъ они должны быть по аналогіи, а ртуть и кадмій уклоняются въ другомъ направленіи, давая пары съ вдвое меньшею плотностью. Мы не можемъ считать этихъ аномалій ограничивающими исключеніями и сказать, что законъ вѣренъ относительно всѣхъ веществъ вообще, заисключеніемъ этихъ; потому что свойства газовъ обыкновенно допускаютъ самыя широкія обобщенія. Кромѣ того точность пропорціи уклоненія указываетъ, что наблюденіе законовъ въ видоизмѣненномъ видѣ сдѣлано вѣрно. Можно было бы устранить исключенія, удвояя атомные вѣса фосфора и мышьяка и уменьшая вдвое вѣса ртути и кадмія. Но этотъ пріемъ былъ зрѣло обдуманъ химиками и оказалось, что онъ несогласенъ со всѣми другими аналогіями веществъ и съ принципомъ изоморфизма. Одно изъ вѣроятнѣйшихъ объясненій то, что фосфоръ и мышьякъ производятъ пары въ аллотропическомъ состояніи, такъ что при болѣе высокой температурѣ этотъ паръ можетъ разложиться на простѣйшій газъ съ вдвое меньшею плотностью; но нѣтъ фактовъ подтверждающихъ эту гипотезу и она не можетъ быть примѣнена къ другимъ двумъ исключеніямъ иначе, какъ при помощи предположенія, что газы и пары вообще способны распадаться на что нибудь болѣе простое. Словомъ химики въ настоящее время ничего не могутъ сдѣлать съ этими аномаліями. Какъ говоритъ Гофманъ, «ихъ философское истолкованіе принадлежитъ будущему... Они могутъ оказаться типическими фактами, вокругъ которыхъ могутъ сгруппироваться впослѣдствіи другіе подобные же факты; можетъ оказаться, что они имѣютъ связь съ спеціальными свойствами или зависятъ отъ особенныхъ условій доселѣ неподозрѣваемыхъ» ¹).

---

¹) Гофманъ, Introduction to Chemistry, p. 198.

Легко было бы указать множество другихъ необъясненныхъ аномалій. Физики утверждаютъ какъ абсолютно всеобщій законъ, что при обращеніи въ жидкость поглощается теплота [1]); однако сѣра представляетъ по крайней мѣрѣ видимое исключеніе. Даже два вещества, сѣра и селенъ, представляются очень аномальными относительно теплоты. Можно сказать, что сѣра представляетъ двѣ точки плавленія, потому что сдѣлавшись жидкою какъ вода при 120° Ц., она опять становится густою и тягучею между 221° и 249° и затѣмъ снова плавится при болѣе высокой температурѣ. Какъ сѣра, такъ и селенъ могутъ быть приведены въ различныя любопытныя состоянія, съ которыми химики удобно справляются, называя ихъ аллотропическими—терминъ, къ которому они охотно прибѣгаютъ, когда находятся въ затрудненіи опредѣлить то, что произошло. Химическая и физическая исторія желѣза полна аномалій; не только оно подвергается необъяснимымъ измѣненіямъ по плотности и сложенію, соединяясь съ углеродомъ и другими элементами, но представляетъ почти единственное вещество, которое проводитъ звукъ съ большею скоростью при высшей, чѣмъ при низшей температурѣ, такъ что скорость увеличивается отъ 20° до 100° Ц., а затѣмъ уменьшается. Серебро также аномально относительно звука. Есть много примѣровъ необъяснимыхъ исключеній, значеніе которыхъ будетъ показано въ дальнѣйшемъ развитіи науки.

Когда мы слышимъ въ первый разъ объ открытіи новаго необыкновеннаго явленія противорѣчащаго нашимъ теоріямъ о строеніи природы, тогда не легко бываетъ найти философски вѣрный путь между довѣрчивостью и скептицизмомъ. Съ одной стороны мы не можемъ предполагать, чтобы былъ какой нибудь предѣлъ чудесамъ, которыя можетъ представить намъ природа. За исключеніемъ противорѣчія, нѣтъ ничего невозможнаго и многія вещи, которыя мы считаемъ до крайности простыми, казались чудесными, когда были открыты въ первый разъ. У средневѣковыхъ физиковъ электрическій телеграфъ былъ фантастическою мечтою [2]); да и теперь онъ только что пересталъ возбуждать наше удивленіе; но нашимъ потомкамъ черезъ столѣтіе онъ покажется менѣе остроумнымъ, чѣмъ тѣ изобрѣтенія, какія будутъ тогда у нихъ. Каждое странное явленіе можетъ быть секретной пружиной, которая если тронуть ее надлежащимъ образомъ откроетъ дверь въ новыя залы во дворцѣ природы. Отказываться вѣрить существованію чего нибудь страннаго значитъ пренебрегать прекраснымъ шансомъ открытія. Мы можемъ сказать вмѣстѣ съ Гукомъ, что

---

[1]) Стьюартъ, Elementary Treatise on Heat, p. 80.

[2]) Джевонсъ, Proceed. of the Manch. Lit. and Phil. Society, 6 march, 1877, v. XVI. p. 164. См. также замѣтку Аксона о томъ же предметѣ, Jbid. p. 166.

«вѣра въ удивительныя вещи иногда можетъ подать поводъ замѣтить такія вещи, на которыя другой не обратилъ бы вниманія какъ на безполезныя». Поэтому не слѣдуетъ съ перваго же раза затыкать уши при повидимому нелѣпыхъ разсказахъ даже о такихъ явленіяхъ, какъ второе зрѣніе, ясновидѣніе, животный магнетизмъ, одомагнетизмъ, столоверченіе или другія отъ времени до времени появляющіяся химеры. Факты разсказываемые объ этихъ вещахъ суть факты въ томъ или другомъ смыслѣ, и требуютъ объясненія или какъ новыя естественныя явленія или какъ результаты легковѣрія и обмана. Многія изъ предполагаемыхъ явленій этого рода оказывались или при тщательномъ изслѣдованіи непремѣнно оказались бы относящимися къ послѣдней категоріи, и отсутствіе научной опытности въ тѣхъ, которые описываютъ эти явленія, вполнѣ оправдываетъ сомнѣніе въ ихъ описаніяхъ.

Нужно припомнить, что по принципу обратнаго метода вѣроятности вѣроятность всякаго гипотетическаго объясненія зависитъ отъ вѣроятности всякаго другого возможнаго объясненія. Если нельзя придумать другого резоннаго объясненія, то мы должны поневолѣ смотрѣть на спиритическія явленія какъ на слѣдствія таинственной причины. Но какъ только доказано, что во многихъ важныхъ случаяхъ совершонъ былъ обманъ, а въ другихъ случаяхъ люди сами обманулись, находясь въ довѣрчивомъ и возбужденномъ состояніи, то весьма значительно усиливается вѣроятность того, что такое же объясненіе примѣнимо къ большей части спиритическихъ явленій. Штуки фокусниковъ доказываютъ, что требуется не очень большое искуство для того, чтобы продѣлать фокусы, секретъ которыхъ совершенно ускользаетъ отъ зрителей. И вотъ на этихъ то основаніяхъ вѣроятности мы должны отвергать спиритическіе разсказы, а не просто потому, что они странны.

Въ темныхъ явленіяхъ относящихся къ воспоминанію, сновидѣніямъ, сомнамбулизму и другимъ особеннымъ нервнымъ состояніямъ, есть много необъяснимыхъ и почти невѣроятныхъ фактовъ и равно не философично какъ вѣрить, такъ и не вѣрить имъ безъ ясныхъ доказательствъ. Кромѣ того есть много совершенно необъяснимыхъ фактовъ относительно инстинктовъ животныхъ и того, какъ они находятъ свою дорогу отъ одного мѣста къ другому. Конечно есть много странныхъ вещей, о которыхъ и не снилось философамъ, но это не можетъ быть основаніемъ для того, чтобы мы вѣрили всему странному, о чемъ разсказывается, что оно случилось.

ГЛАВА XXX.

КЛАССИФИКАЦІЯ.

Обширный предметъ классификаціи былъ отложенъ до послѣдней части настоящаго сочиненія, потому что онъ содержитъ въ себѣ трудные вопросы и для него не находилось естественнаго мѣста въ прежнихъ отдѣлахъ. Однако не нужно предполагать, будто приступая здѣсь къ формальному изложенію предмета, мы въ первый разъ встрѣчаемся съ понятіемъ классификаціи. Всякое логическое умозаключеніе уже предполагаетъ классификацію, которая необходимо сопровождаетъ и дѣйствіе сужденія. Невозможно открыть сходство между предметами, не соединяя ихъ при этомъ въ мысли вмѣстѣ и не составляя начинающагося класса. Мы также не можемъ дать названія предмету, не предполагая при этомъ существованія класса. Каждое общее названіе или существительное нарицательное есть названіе класса и каждое названіе класса есть общее названіе или существительное нарицательное. Очевидно значитъ что говорить объ общемъ понятіи или представленіи значитъ тоже, что говорить о классѣ. Но по установившемуся словоупотребленію мы употребляемъ слово классификація въ нѣкоторыхъ случаяхъ и не употребляемъ его въ другихъ. Обыкновенно говорится, что мы составляемъ *общее понятіе* о параллелограмѣ, когда представляемъ себѣ безконечное число возможныхъ четырехсторонныхъ прямолинейныхъ фигуръ сходныхъ между собою въ томъ общемъ свойствѣ, что они имѣютъ параллельныя стороны. Когда же мы помѣщаемъ вмѣстѣ въ музеѣ нѣсколько экземпляровъ окаменѣлостей сходныхъ одна съ другою по извѣстнымъ опредѣленнымъ признакамъ, тогда говорится, что мы составляемъ *классъ* трилобитовъ. Но въ обоихъ случаяхъ логическая природа операціи одинакова. Мы составляемъ *классъ* изъ фигуръ называемыхъ параллелограмами и составляемъ *общее понятіе* трилобитовъ.

Наука, какъ мы сказали съ самаго начала, есть открытіе тожества, а классификація есть помѣщеніе вмѣстѣ или въ мысляхъ или реально въ пространственной близости тѣхъ предметовъ, между которыми было открыто тожество. Поэтому достоинство классификаціи равнозначно съ достоинствомъ науки и вообще умозаключенія. Всегда, когда мы составляемъ классъ, мы сводимъ множество къ единству или открываемъ, какъ говорилъ Платонъ, одно во многомъ. Классификація даетъ въ результатѣ обобщенное знаніе отличающееся отъ прямаго и чувственнаго знанія частныхъ фактовъ. Къ каждому классу, если только онъ правильно составленъ, примѣняется принципъ замѣщенія и все, что мы знаемъ объ одномъ предметѣ въ классѣ, мы знаемъ также и о другихъ предметахъ, насколько было открыто тожество между ними. Въ основаніи всякаго умственнаго прогресса лежитъ облегченіе и сокращеніе умственнаго труда. Умозаключающія способности Ньютона по существу не были отличны отъ способностей простаго земледѣльца; разница между ними заключалась только въ шири, которую они охватывали и въ числѣ фактовъ бывшихъ въ ихъ распоряженіи. Каждое мыслящее существо обобщаетъ болѣе или менѣе, но только глубина и широта обобщеній отличаетъ философа отъ другихъ. Только примѣненіе къ дѣлу классифицирующихъ и обобщающихъ способностей даетъ человѣческому уму возможность справиться до нѣкоторой степени съ безконечнымъ числомъ естественныхъ явленій. Въ главахъ о сочетаніяхъ и перемѣщеніяхъ мы видѣли, что изъ нѣсколькихъ элементарныхъ различій могутъ получиться громадныя числа комбинацій. Процессъ классификаціи даетъ намъ возможность разлагать эти комбинаціи и каждую изъ нихъ ставить на ея мѣсто согласно съ тѣмъ или другимъ изъ элементарныхъ обстоятельствъ, по которымъ она была составлена. Мы возвращаемъ природу къ простымъ условіямъ, изъ которыхъ развилось ея безконечное разнообразіе. Какъ сказалъ Боуэнъ, «первая необходимость, которую налагаетъ на насъ самое строеніе нашего ума, состоитъ въ томъ, чтобы расположить безконечное богатство природы на группы и классы вещей по ихъ сходствамъ и сродству и тѣмъ расширить кругозоръ охватываемый нашими умственными способностями, даже съ пожертвованіемъ мелочами, которыя могутъ быть узнаны только при подробномъ изученіи предметовъ. Поэтому первыя усилія при разработкѣ знанія должны быть направлены на дѣло классификаціи. Можетъ быть впослѣдствіи окажется, что классификація есть не только начало, но и высшая точка и конецъ человѣческаго знанія» [1]).

---

[1]) A Treatise on Logic, or Laws of Pure Thought, T. Bowen, Cambridge, U. S. 1866. p. 315.

Классификація заключающая въ себѣ индукцію.

Цѣль классификаціи есть открытіе законовъ природы. Какъ бы ни былъ замаскированъ процессъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ, однако классификація не отличается существенно отъ совершенной индукціи, когда мы стараемся найти связи между свойствами изслѣдуемыхъ предметовъ. Было бы безполезно помѣщать предметъ въ классъ, если бы отъ этого не получалось ничего больше, кромѣ простаго факта нахожденія предмета въ классѣ. Если бы мы произвольно составили классъ металловъ и помѣстили въ него нѣсколько изъ извѣстныхъ металловъ выбранныхъ наудачу, то конечно нельзя было бы ожидать, чтобы взятые металлы сходны были между собою въ чемъ нибудь другомъ кромѣ того, что они металлы и были выбраны наудачу. Но когда химикъ выбираетъ изъ полнаго списка пять металловъ, калій, натрій, цезій, рубидій и литій и называетъ ихъ щелочными металлами, тогда эта классификація имѣетъ большое значеніе и говоритъ многое. При сравненіи качествъ этихъ веществъ оказывается, что они всѣ очень жадно соединяются съ кислородомъ, разлагаютъ воду при всякой температурѣ и образуютъ сильно основныя соли, которыя легко растворяются въ водѣ, давая ѣдкія и щелочныя гидраты, изъ которыхъ никакая температура не можетъ удалить воду. Ихъ углекислыя соединенія также растворимы въ водѣ и каждый металлъ образуетъ только одно хлористое соединеніе. Также слѣдуетъ ожидать, что каждая соль одного изъ металловъ будетъ соотвѣтствовать такой же соли каждаго другого металла, такъ какъ существуетъ общая аналогія между соединеніями этихъ металловъ и ихъ свойствами.

Но составляя этотъ классъ щелочныхъ металловъ, мы дѣлаемъ нѣчто болѣе, чѣмъ просто избираемъ удобный порядокъ для выраженія нашихъ положеній. Нѣтъ, мы пришли къ открытію извѣстныхъ эмпирическихъ законовъ природы, такъ какъ при этомъ получается значительная вѣроятность того, что металлъ представляющій нѣкоторыя изъ свойствъ щелочныхъ металловъ будетъ имѣть также и другія свойства. Если бы мы открыли другой металлъ, котораго углекислыя соединенія растворяются въ водѣ и который энергически соединяясь съ водою при всѣхъ температурахъ даетъ сильныя основанія, то могли бы умозаключить, что онъ образуетъ только одно хлористое соединеніе и что вообще даетъ рядъ соединеній соотвѣтствующихъ солямъ другихъ щелочныхъ металловъ. Поэтому образованіе класса щелочныхъ металловъ не есть только дѣло удобства; а это есть важный и успѣшный актъ индуктивнаго открытія, дающій намъ возможность получить какъ результатъ индукціи нѣсколько несомнѣнныхъ положеній и сдѣлать большее число умозаключеній зависящихъ отъ принциповъ несовершенной индукціи.

Прекрасный примѣръ того, что можетъ сдѣлать классификація, представляютъ изслѣдованія Локайера о солнцѣ [1]). Чтобы имѣть хоть какое нибудь указаніе относительно того, какихъ еще элементовъ нужно искать въ фотосферѣ солнца, онъ сдѣлалъ классификацію элементовъ, смотря по тому, встрѣчались ли они въ солнцѣ или нѣтъ и при каждомъ элементѣ подробно обозначилъ его главные химическіе признаки. При помощи этого пріема онъ увидѣлъ, что элементы встрѣчающіеся въ солнцѣ большею частью даютъ прочныя соединенія съ кислородомъ. Изъ этого онъ умозаключилъ, что въ солнцѣ вѣроятно существуютъ и другіе элементы образующіе прочныя окиси и его умозаключеніе оправдалось открытіемъ пяти такихъ металловъ. Здѣсь мы имѣемъ эмпирическую и пробную классификацію приведшую къ открытію соотношенія между существованіемъ на солнцѣ и способностью давать прочныя окиси и такимъ образомъ показавшую при помощи несовершенной индукціи гораздо больше совпаденій между этими свойствами.

Гексли опредѣлилъ процессъ классификаціи слѣдующимъ образомъ: «подъ классификаціей какого бы то ни было ряда предметовъ разумѣется дѣйствительное или умственное соединеніе вмѣстѣ тѣхъ предметовъ, которые сходны и отдѣленіе тѣхъ, которые не сходны; и цѣль этого распредѣленія состоитъ въ томъ, чтобы облегчить операціи ума желающаго ясно представить и удержать въ памяти признаки этихъ предметовъ [2])».

Это опредѣленіе само въ себѣ конечно вѣрно; но оно не заключаетъ въ себѣ всего, что самъ Гексли разумѣетъ невысказанно подъ классификаціей. Онъ конечно самъ понимаетъ, что посредствомъ надлежащей и глубокой системы классификаціи могутъ быть открыты глубокія соотношенія или другими словами глубокія однообразія и законы природы. Поэтому я предложилъ бы видоизмѣнить приведенное опредѣленіе такимъ образомъ: «подъ классификаціей разумѣется дѣйствительное или умственное соединеніе вмѣстѣ тѣхъ предметовъ, которые сходны и отдѣленіе тѣхъ, которые несходны; и цѣль этого распредѣленія состоихъ во 1-хъ въ открытіи соотношеній или законовъ соединенія свойствъ и обстоятельствъ и во 2-хъ въ томъ, чтобы облегчить операціи ума желающаго ясно представить и удержать въ памяти признаки этихъ предметовъ».

---

[1]) Proceedings of the Royal Society, November, 1873, v. XXI. p. 512.

[2]) Lectures on the Elements of Comparative Anatomy, 1854, p. 1.

Множественность способовъ классификаціи.

Приступая къ разсмотрѣнію вопроса, какимъ образомъ можетъ быть классифицирована данная группа предметовъ, мы прежде всего замѣтимъ, что вообще можетъ быть неограниченное число способовъ классификаціи этой группы. Введенные въ недоразумѣніе, какъ мы увидимъ, проблемою классификаціи въ естественныхъ наукахъ, естествоиспытатели думаютъ, что въ каждомъ предметѣ должна быть одна въ сущности естественная система классификаціи, которую нужно стараться открыть и которая исключаетъ всѣ другія. Это ошибочное мнѣніе вѣроятно возникло отчасти вслѣдствіе ограниченности мыслительныхъ способностей и неудобства механическихъ условій, при которыхъ мы работаемъ. Если мы распредѣляемъ книги въ каталогѣ, то должны расположить ихъ въ какомъ нибудь порядкѣ; если мы составляемъ руководство по минералогіи, то минералы должны быть описаны послѣдовательно въ какомъ нибудь порядкѣ: если мы трактуемъ такія простыя вещи какъ геометрическія фигуры, то тоже должны взять ихъ въ какомъ нибудь опредѣленномъ порядкѣ. Мы естественно выберемъ такое распредѣленіе, которое кажется наиболѣе удобнымъ и поучительнымъ для нашей главной цѣли. Но изъ этого не слѣдуетъ, что этотъ методъ распредѣленія обладаетъ какимъ нибудь исключительнымъ преимуществомъ; возможны многія другія распредѣленія, изъ которыхъ каждое цѣнно въ своемъ родѣ. Совершенный умъ не ограничился бы однимъ порядкомъ мышленія, но одновременно обнималъ бы группу предметовъ классифицированныхъ всѣми возможными способами. Такъ элементы по ихъ атомности можно классифицировать въ группы одноатомныхъ, двуатомныхъ, трехатомныхъ, четырехъатомныхъ, патиатомныхъ и шестиатомныхъ; и это будетъ вѣроятно самая поучительная классификація; но это не мѣшаетъ намъ классифицировать ихъ смотря по тому, металличны ли они или не металличны, тверды, жидки или газообразны при обыкновенной температурѣ, полезны или безполезны, много ли ихъ въ природѣ или мало, желѣзно-магнитны ли они или діамагнитны и т. д.

Минералоги потратили много труда, стараясь открыть предполагаемую естественную систему классификаціи минераловъ. Но они постоянно встрѣчались съ тою трудностью, что химическій составъ не всегда идетъ параллельно съ кристаллографическою формою и различными физическими свойствами минерала. Вещества тожественныя по формамъ ихъ кристалловъ, особенно относящіяся къ первой или правильной кристаллической системѣ, часто не имѣютъ никакого сходства по химическому составу. Кромѣ того случается иногда, что одно и тоже вещество кристаллизуется въ двухъ существенно различныхъ кристаллографическихъ формахъ; напримѣръ углекислая известь встрѣчается въ формѣ исландскаго шпата и въ формѣ аррагонита. Это самая простая истина, что если мы не можемъ открыть никакого соотвѣтстія или, какъ я бы выразился, никакого *соотношенія* между свойствами минераловъ, то не можемъ и сдѣлать никакого распредѣленія, которое дало бы намъ возможность трактовать всѣ эти свойства въ одной только системѣ классификаціи. Мы можемъ классифицировать минералы столькими различными способами, сколько есть различныхъ группъ несвязанныхъ между собою свойствъ достаточной важности. Даже если съ цѣлью послѣдовательнаго описанія минераловъ въ руководствѣ минералогіи мы избираемъ одну главную систему, основывающуюся напримѣръ на химическомъ составѣ, то и тогда мы должны представлять себѣ минералы классифицированными и всѣми другими полезными способами.

Тоже самое можно сказать и о классификаціи растеній. Въ разныя времена было предложено множество различныхъ классификацій растеній, подробное изложеніе которыхъ можно найти въ статьѣ о классификаціи въ Cyclopaedia Риса или во введеніи къ Vegetable Kingdom Линдлея. Были фруктисты, каковы напримѣръ Цезальпинусъ, Морисонъ, Германъ, Боергаве или Гертнеръ, которые распредѣляли растенія по формѣ плода. Короллисты же, напримѣръ Ривинусъ, Людвигъ и Турнефоръ, обращали вниманіе главнымъ образомъ на число и расположеніе частей вѣнчика (corolla). Маньоль считалъ существенною частью чашечку, между тѣмъ какъ Соважъ распредѣлялъ растенія по ихъ листьямъ. И это все только немногіе примѣры изъ безчисленнаго множества разнаго рода предполагавшихся классификацій. Обо всѣхъ этихъ классификаціяхъ можно сказать, что каждая изъ нихъ вѣроятно давала какія нибудь указанія на счетъ отношеній между растеніями, и конечно только по испробованіи многихъ классификацій можно приблизиться къ самой лучшей.

Естественная и искуственная системы классификацій.

Принято обыкновенно отличать естественныя системы классификаціи отъ искуственныхъ, причемъ естественными называются тѣ, которыя повидимому выражаютъ порядокъ существующихъ вещей, какъ онъ опредѣляется самою природою. Напротивъ искуственныя классификаціи имѣютъ въ виду только удобства при запоминаніи и описаніи естественныхъ предметовъ.

Разница эта, какъ она обыкновенно представляется, была опредѣлена Амперомъ такимъ образомъ: «Мы можемъ различать два рода классификаціи, естественную и искусственную. Въ послѣдней нѣкоторые признаки произвольно выбранные служатъ для опредѣленія мѣста каждаго предмета; мы отвлекаемъ всѣ другіе признаки, и при этомъ оказывается, что часто предметы этимъ способомъ соединяются или отдѣляются другъ отъ друга самымъ страннымъ образомъ. Напротивъ въ естественныхъ системахъ классификаціи мы беремъ всѣ существенные признаки предметовъ занимающихъ насъ, опредѣляя важность каждаго изъ нихъ; и результаты этого труда мы принимаемъ только тогда, когда сходятся вмѣстѣ предметы представляющіе самую близкую аналогію и группы нѣсколькихъ порядковъ составленныхъ изъ нихъ располагаются тѣмъ ближе, чѣмъ болѣе сходны ихъ признаки. Такимъ образомъ и получается всегда родъ связи болѣе или менѣе выраженной между каждою группою и тою, которая слѣдуетъ за ней» [1]).

Въ этомъ равно какъ и въ другихъ опредѣленіяхъ предложенныхъ натуралистами для выраженія ихъ понятій о естественной системѣ много неопредѣленнаго и логически ложнаго. Они не говорятъ, какъ опредѣляется *важность* аналогіи и что служитъ мѣрою *близости* аналогіи. Если смыслъ словъ въ опредѣленіи не разъясненъ вполнѣ, то само опредѣленіе хуже чѣмъ безполезно. А если высказанные взгляды на классификацію вѣрны, то не можетъ быть рѣзкаго и точнаго различія между естественною и искуственною системами. Всякія распредѣленія служащія для какой нибудь цѣли должны быть болѣе или менѣе естественны, потому что если разсмотрѣть ихъ внимательнѣе, то они представятъ болѣе сходствъ чѣмъ тѣ признаки, по которымъ опредѣляется классъ.

Дѣйствительно въ біологическихъ наукахъ возможно распредѣленіе растеній или животныхъ, которое было бы до очевидности поучительно и въ извѣстномъ смыслѣ естественно, если бы только его можно было достигнуть; это то распредѣленіе, къ которому такъ горячо стремились натуралисты въ теченіи двухъ столѣтій, именно, которое бы *показало генеалогическое происхожденіе каждой формы отъ первоначальнаго зародыша жизни*. Эти морфологическія сходства, на которыхъ почти всегда основывалась классификація живыхъ существъ, суть унаслѣдованныя сходства и очевидно, что потомки будутъ обыкновенно сходны съ своими предками и другъ съ другомъ во многихъ пунктахъ.

Я сказалъ, что естественная система отличается отъ произвольной искуственной только по степени. Почти невозможно расположить предметы по какому нибудь признаку безъ того, чтобы при этомъ не обнаружилось какое нибудь соотношеніе между другими признаками. Повидимому ничего не можетъ быть произвольнѣе распредѣленія въ алфавитномъ порядкѣ по начальнымъ буквамъ фамиліи. Но разсматривая всякій списокъ англійскихъ фамилій, мы не можемъ не замѣтить преобладанія Evans и Jones подъ буквами E и J и фамилій начинающихся съ Mac подъ буквою M. Преобладаніе такъ велико, что мы не можемъ приписать его случаю, и изслѣдованіе конечно показало бы, что оно происходитъ отъ важныхъ фактовъ относительно національности лицъ. Оказалось бы, что Evans и Jones уэльскаго происхожденія, а тѣ, фамиліи которыхъ начинаются съ Mac, кельтическаго. Съ національностью болѣе или менѣе строго сообразовались бы многія особенности въ физическихъ свойствахъ, въ языкѣ, въ привычкахъ и умственныхъ качествахъ. Я нѣсколько разъ пробовалъ выводить эмпирическія умозаключенія, къ которымъ приводили самыя произвольныя распредѣленія. Если разсмотрѣть большой списокъ названій кораблей, то часто оказывается, что нѣсколько кораблей носящихъ одно и тоже названіе были построены приблизительно въ одно время, и такое соотношеніе произошло вѣроятно отъ какого нибудь поразительнаго событія случившагося незадолго передъ постройкой кораблей. Возрастъ корабля или его устройство обыкновенно находится въ соотношеніи съ его общею формою, природою его матеріаловъ и проч., такъ что корабли съ одинаковымъ названіемъ часто могутъ быть сходны между собою во многихъ пунктахъ.

---

[1]) Essai sur la Philosophie des Sciences, p. 9.

Разсматривая въ подробностяхъ нѣкоторыя изъ такъ называемыхъ искуственныхъ классификацій растеній, нельзя не найти, что многіе классы естественны по характеру. Такъ въ классификаціи Турнефора, основывающейся почти исключительно на образованіи вѣнчика, мы находимъ естественные порядки губоцвѣтныхъ, крестоцвѣтныхъ, розовыхъ, зонтичныхъ, лиліевыхъ и мотыльковыхъ, которые составляютъ у него 4, 5, 6, 7, 9 и 10 классы. Многіе изъ классовъ знаменитой половой системы Линнея также приближаются къ естественнымъ классамъ.

Соотношеніе между свойствами.

Установившіяся привычки и пріемы рѣчи иногда ведутъ насъ къ ошибочному убѣжденію, что употребляя различныя слова, мы всегда разумѣемъ различныя вещи. Приступая къ формальному разсмотрѣнію классификаціи, я счелъ нужнымъ обратить вниманіе читателя на то, что всякое умозаключеніе и всѣ операціи научнаго метода уже заключаютъ въ себѣ классификацію, хотя мы привыкли употреблять это слово только въ однихъ случаяхъ, а не въ другихъ. Туже самую оговорку нужно сдѣлать и на счетъ слова *соотношеніе*. Вещи соотносительны, когда онѣ такъ относятся или такъ соединены между собою, что гдѣ есть одна, тамъ есть другая и гдѣ нѣтъ одной, тамъ нѣтъ и другой. Поэтому во всемъ настоящемъ трудѣ мы вездѣ имѣли дѣло съ соотношеніями. Въ геометріи существованіе трехъ равныхъ угловъ въ треугольникѣ соотносительно съ существованіемъ трехъ равныхъ сторонъ; въ физикѣ тяготѣніе соотносительно съ инерціей; въ ботаникѣ экзогеновый ростъ соотносителенъ съ существованіемъ двухъ сѣмядоль, или цвѣтокъ—съ существованіемъ спиральныхъ сосудовъ. Вездѣ, гдѣ примѣнимо предложеніе формы A=B, существуетъ соотношеніе. А между тѣмъ слово соотношеніе употребляется преимущественно въ классификаторныхъ наукахъ.

Существуетъ положеніе, что въ классѣ млекопитающихъ существованіе двухъ затылочныхъ мыщелковъ съ плотно окостенѣлыми затылочными основаніями соотносительно съ существованіемъ челюстей, каждая вѣтвь которыхъ состоитъ изъ одной кости, сочлененной съ чешуйчатымъ элементомъ черепа, а также и съ существованіемъ сосковъ и безъядерныхъ кровяныхъ тѣлецъ. Гексли замѣчаетъ, что это положеніе относительно признаковъ класса млекопитающихъ есть нѣчто болѣе, чѣмъ произвольное опредѣленіе; это есть выраженіе закона соотношенія или сосуществованія разныхъ чертъ въ строеніи животныхъ организмовъ, изъ котораго можно вывести самыя важныя заключенія. Оно содержитъ въ себѣ обобщеніе, что въ природѣ упомянутыя черты строенія всегда встрѣчаются вмѣстѣ. А это значитъ, что основаніе класса млекопитающихъ заключаетъ въ себѣ актъ индуктивнаго открытія и ведетъ къ установленію извѣстныхъ эмпирическихъ законовъ природы. Гексли прекрасно представилъ то, какимъ образомъ открытія этого рода даютъ натуралистамъ возможность съ достаточною увѣренностью дѣлать дедукціи или предсказанія; но онъ указываетъ также и на то, что такія умозаключенія могутъ иногда оказываться ошибочными. Я приведу здѣсь его собственныя слова.

«Еслибы былъ найденъ кусокъ окаменѣлости состоящій только изъ одной вѣтви челюсти и той части черепа, съ которою онъ сочлененъ, то знаніе этого закона дало бы палеонтологу возможность утверждать съ большою увѣренностью, что животное, которому принадлежали эти части, кормило молокомъ своихъ дѣтенышей и имѣло красныя кровяныя тѣльца безъ ядра, и предсказать, что еслибы была найдена задняя часть этого черепа, то она имѣла бы два затылочныхъ мыщелка и хорошо окостенѣлую основную затылочную кость. Выводы этого рода, каковъ напр. былъ выводъ Кювье относительно ископаемаго опоссума найденнаго на Монмартрѣ, часто подтверждались и способны поразить вниманіе публики, такъ что ихъ можно причислить къ тріумфамъ анатома. Но нужно постоянно имѣть въ виду, что подобно всѣмъ эмпирическимъ законамъ, которые опираются на сравнительно узкомъ основаніи наблюденія, умозаключеніе выводимое изъ нихъ иногда можетъ оказаться несостоятельнымъ. Еслибы напр. Кювье вмѣсто ископаемаго опоссума имѣлъ дѣло съ ископаемымъ тилациномъ, то онъ не нашелъ бы у него костей двуутробныхъ, хотя вогнутый уголъ челюсти былъ бы довольно замѣтенъ. Поэтому хотя ученый, встрѣтивъ характеристическую млекопитающую челюсть, практически былъ бы правъ, ожидая встрѣтить вмѣстѣ съ нею и характеристическій млекопитающій затылокъ; однако тотъ былъ бы смѣлымъ человѣкомъ, кто сталъ бы утверждать съ увѣренностью то, что заключается въ этомъ ожиданіи, т. е. что ни въ одинъ изъ періодовъ исторіи земли не существовало животныхъ, у которыхъ затылокъ млекопитающихъ не соединялся бы съ челюстью пресмыкающихся и на оборотъ» ¹).

Одинъ изъ самыхъ рѣзкихъ и замѣчательныхъ примѣровъ соотношенія въ животномъ мірѣ представляютъ животныя отрыгающія жвачку, и этотъ примѣръ прекрасно изложенъ въ классическомъ сочиненіи Кювье слѣдующими словами:

«Я сомнѣваюсь, чтобы кто нибудь, не наученный наблюденіемъ, могъ угадать, что всѣ отрыгающія жвачку имѣютъ раздвоенное копыто и что только они имѣютъ его. Я сомнѣваюсь, чтобы кто нибудь могъ угадать, что лобные рога существуютъ только въ этомъ классѣ и что тѣ изъ этихъ животныхъ, которые имѣютъ острые клыки, большею частью не имѣютъ роговъ. Но такъ какъ эти отношенія постоянны, то они должны имѣть какую нибудь достаточную причину; а она намъ неизвѣстна и потому мы должны восполнить недостатокъ теоріи средствами наблюденія. Оно даетъ намъ возможность установить эмпирическіе законы, которые становятся почти стольже достовѣрными, какъ и раціональные законы, если только они основываются на достаточно частыхъ наблюденіяхъ; такъ что тотъ, кто видитъ только отпечатокъ раздвоеннаго копыта, можетъ уже заключать, что животное, оставившее этотъ отпечатокъ, было отрыгающее жвачку и это заключеніе столь же достовѣрно, какъ и всякое другое заключеніе въ физикѣ или морали. Одинъ этотъ отпечатокъ уже показываетъ наблюдателю форму зуба, форму челюстей, форму позвонковъ, форму всѣхъ костей ноги, берцовыхъ костей, лопатки и таза животнаго оставившаго этотъ слѣдъ; это болѣе вѣрный знакъ, чѣмъ всѣ знаки Задига» ²).

---

¹) Lectures on the Elements of Comparative Anatomy, and on the Classification of Animals, 1864, p. 3.

²) Ossemens Fossiles, 4 ed. v. I. p. 164. Цитировано у Гексли, Lectures etc., p. 5.

Мы имѣемъ прекрасный примѣръ чисто эмпирическаго соотношенія обстоятельствъ, когда классифицируемъ планеты по ихъ плотностямъ и періодамъ осеваго вращенія [2]). Если мы разсмотримъ таблицу обыкновенныхъ астрономическихъ элементовъ солнечной системы, то найдемъ, что четыре планеты весьма близко сходны въ періодахъ осеваго вращенія и оказывается, что тѣже самыя четыре планеты всѣ имѣютъ большую плотность, а именно:

Названіе планеты.	Періодъ осеваго вращенія.	Плотность.
Меркурій	24 ч. 5 мин.	7,94
Венера	23 „ 21 „	5,33
Земля	23 „ 56 „	5,67
Марсъ	24 „ 37 „	5,84

Подобная же таблица для другихъ большихъ планетъ имѣетъ такой видъ:

Юпитеръ	9 ч. 55 мин.	1,36
Сатурнъ	10 „ 29 „	0,74
Уранъ	9 „ 30 „	0,97
Нептунъ	— „ — „	1,02

Мы видимъ, что въ обоихъ группахъ равенство періода вращенія или плотности только грубо приблизительное; тѣмъ не менѣе разница между числами первой и второй группы такъ рѣзко выражена и періоды первой группы по крайней мѣрѣ вдвое больше, а плотности въ четыре или пять разъ больше второй, такъ что это совпаденіе нельзя приписать случайности. Читатель замѣтитъ также, что первая группа состоитъ изъ планетъ ближайшихъ къ солнцу, что за исключеніемъ земли ни одна изъ нихъ не имѣетъ спутниковъ, что всѣ они сравнительно малы. Вторая группа болѣе удалена отъ солнца; всѣ планеты ея имѣютъ нѣсколькихъ спутниковъ и сами сравнительно велики. Такимъ образомъ за немногими исключеніями оказываются вѣрными слѣдующія соотношенія:

Внутреннія планеты.	Длинный періодъ.	Малая величина.	Большая плотность.	Нѣтъ спутниковъ.
Внѣшнія планеты.	Короткій періодъ.	Большая величина.	Малая плотность.	Нѣсколько спутниковъ.

Эти совпаденія указываютъ съ большою вѣроятностью на различіе въ происхожденіи двухъ группъ; но дальнѣйшее объясненіе этого предмета еще невозможно.

Классификація кометъ по ихъ періодамъ установленная Гиндомъ и Деви-

---

[1]) Чемберсъ, Descriptive Astronomy, 1 ed. p. 23.

сомъ повидимому подтверждаетъ то заключеніе, что отдѣльныя группы кометъ были привлечены въ солнечную систему притяженіемъ Юпитера, Урана или другихъ планетъ [1]). Классификація туманностей, начатая двумя Гершелями и продолженная Россомъ, Гуггинсомъ и др., вѣроятно поведетъ когда нибудь къ открытію важныхъ эмпирическихъ законовъ относительно строенія вселенной. Подробное изслѣдованіе и классификація метеоритовъ, сдѣланная Сорби и другими, тоже вѣроятно дадутъ намъ понятіе объ образованіи небесныхъ тѣлъ.

Мы никогда не должны упускать изъ виду самыхъ слабыхъ и самыхъ необъяснимыхъ соотношеній, потому что въ будущемъ они могутъ оказаться важными. Открытія начинаются тогда, когда мы всего менѣе ожидаемъ ихъ. Любопытенъ напр. тотъ фактъ, что большое число измѣняющихся звѣздъ имѣютъ красноватый цвѣтъ. Не всѣ измѣняющіяся звѣзды красны и не всѣ красныя звѣзды измѣняющіяся; но принимая во вниманіе то, что только малая часть наблюденныхъ звѣздъ относятся къ измѣняющимся и только малая часть ихъ имѣетъ красный цвѣтъ, можно придти къ заключенію, что число звѣздъ относящихся къ обоимъ классамъ слишкомъ велико, чтобы быть случайнымъ [2]). Замѣчательно также, что большое число звѣздъ обладающихъ большимъ собственнымъ движеніемъ относится къ двойнымъ звѣздамъ, и особенно замѣчательна въ этомъ отношеніи звѣзда 61 Лебедя [3]). Соотношеніе въ этихъ случаяхъ не безъ исключеній, но преобладаніе соотношеній такъ велико, что указываетъ на какую нибудь естественную связь, точная природа которой должна составить предметъ будущихъ изслѣдованій. Гершель замѣтилъ, что двѣ двойныя звѣзды 61 Лебедя и α Центавра, орбиты которыхъ хорошо извѣстны, очевидно принадлежатъ къ тому же семейству или роду [4]).

Классификація въ кристаллографіи.

Вѣроятно самый совершенный и поучительный примѣръ классификаціи представляетъ кристаллографія. Общепринятая въ ней система распредѣленія очевидно естественна и даже математически совершенна. Кристаллъ въ каждой части состоитъ изъ подобныхъ частицъ, относящихся подобнымъ образомъ къ прилегающимъ частицамъ и связанныхъ съ ними силами, природу которыхъ мы можемъ узнать только по ихъ видимымъ дѣйствіямъ. Но эти силы дѣйствуютъ въ пространствѣ о трехъ измѣреніяхъ, такъ что есть только ограниченное число предположеній, которыя могутъ быть составлены на счетъ отношеній между этими силами. Въ одномъ случаѣ каждая частичка будетъ относиться одинаково ко всѣмъ сосѣднимъ съ нею частичкамъ; въ другомъ случаѣ она будетъ относиться одинаково къ частичкамъ въ извѣстной плоскости, но различно къ другимъ частичкамъ, не находящимся въ этой плоскости. Въ простѣйшихъ случаяхъ расположеніе частичекъ бываетъ прямоугольное; въ другихъ же случаяхъ наклонное въ одной или въ двухъ плоскостяхъ.

---

[1]) Phil. Mag. 4 ser., v. XXXIX, p. 396; v. XL, p. 183; v. XLI. p. 44. См. также Прокторъ, Popular Science Review, oct. 1874, p. 350.

[2]) Гумбольдтъ, *Космосъ* (Бонъ), т. III, с. 224.

[3]) Бейли, British Association Catalogue, p. 48.

[4]) Outlines of Astronomy, § 850, 4 ed. p. 578.

Для того, чтобы упростить объясненіе и представленіе сложныхъ явленій наблюдаемыхъ въ кристаллахъ, была придумана гипотеза служащая прекраснымъ примѣромъ описательныхъ гипотезъ, о которыхъ мы уже говорили (стр. 489). Кристаллографы воображаютъ, что внутри каждаго кристалла существуютъ извѣстныя оси или линіи направленія, сравнительной длиной и взаимнымъ наклоненіемъ которыхъ опредѣляется природа кристалла. Въ одномъ классѣ кристалловъ есть три такія оси лежащія въ одной плоскости и четвертая въ плоскости перпендикулярной къ ней; но во всѣхъ другихъ классахъ есть только три оси. Эти оси могутъ представлять относительно длины троякую разницу: они могутъ быть 1) всѣ равны, или 2) двѣ равны, а третья неравная, или 3) всѣ неравны. Относительно же положенія разница можетъ быть въ четырехъ видахъ: 1) они всѣ могутъ быть перпендикулярны одна къ другой; 2) двѣ оси могутъ быть наклонны одна къ другой, а третья наклонна къ обѣимъ; 4) всѣ три оси могутъ быть наклонны. Затѣмъ если бы всѣ различія по длинѣ соединились съ различіями по направленію, тогда возможны были бы 12 классовъ или кристаллическихъ системъ, и это число было бы полнымъ логически и геометрически. Но эмпирическое наблюденіе показываетъ, что многія изъ этихъ системъ не встрѣчаются и наклонныя оси бываютъ равны рѣдко или никогда. Остается 7 признанныхъ кристаллическихъ системъ, но и изъ нихъ объ одной неизвѣстно положительно, существуетъ ли она въ природѣ.

Первая кристаллическая система опредѣляется тѣмъ, что она имѣетъ три равныя перпендикулярныя оси и одинаковую упругость во всѣхъ направленіяхъ. Первичная или простая форма этихъ кристалловъ есть кубъ, но вслѣдствіе удаленія угловъ куба и образованія плоскостей извѣстнымъ образомъ наклоненныхъ къ осямъ получается правильный октаэдръ, додекаэдръ и различныя комбинаціи этихъ формъ. Законъ этой системы кристалловъ тотъ, что такъ какъ каждая ось совершенно подобна всѣмъ другимъ осямъ, то всякое измѣненіе каждаго угла кристалла должно повториться симметрически относительно другихъ осей; и такимъ образомъ получаются симметрическія или правильныя формы и потому эта система называется *правильною* кристаллическою системою. Къ ней принадлежитъ множество веществъ, и въ томъ числѣ нѣсколько простыхъ тѣлъ, напримѣръ углеродъ въ видѣ алмаза, и другія болѣе или менѣе сложныя соединенія, каковы каменная соль, іодистый и бромистый калій, плавиковый шпатъ, желѣзный колчеданъ, гранатъ, шпинель и проч. Нѣтъ никакого замѣтнаго отношенія между кристаллическою формою и химическимъ составомъ. Но нужно замѣтить, что физическія свойства кристаллическихъ веществъ, ихъ отношенія къ свѣту, теплотѣ, электричеству и проч. обнаруживаютъ близкое подобіе. Свѣтовыя и тепловыя волны, гдѣ бы они ни вошли въ кристаллъ правильной системы, распространяются съ равною быстротою во всѣхъ направленіяхъ, какъ они распространялись бы въ однородной жидкости. Поэтому кристаллы правильной системы ни въ одномъ случаѣ не представляютъ явленій двойнаго преломленія, если только мы не измѣнимъ условій упругости посредствомъ механическаго сжатія. Далѣе эти кристаллы отъ теплоты расширяются одинаково во всѣхъ направленіяхъ и если бы можно было вырѣзать достаточно большую пластинку изъ кубическаго кристалла и изслѣдовать звуковыя вибраціи, къ которымъ она способна, то мы бы нашли, что и они указываютъ на одинаковую упругость во всѣхъ направленіяхъ. Такимъ образомъ мы видимъ, что большое число важныхъ свойствъ находится въ соотношеніи съ свойствомъ кристаллизоваться въ правильной системѣ и какъ скоро мы узнаемъ, что первоначальная форма вещества есть кубъ, то можемъ умозаключить съ приблизительною достовѣрностью, что оно обладаетъ всѣми этими свойствами. Поэтому система правильныхъ кристалловъ есть совершенно естественный классъ, представляющій многіе общіе законы связывающіе физическія и механическія свойства веществъ относящихся къ этому классу.

Во второмъ классѣ кристалловъ, который называется диметрическою, квадратно-призматическою или пирамидальною системой, также есть три оси перпендикулярныхъ между собою; изъ нихъ двѣ равны между собою, а третья больше или меньше остальныхъ двухъ. Поэтому въ такихъ кристаллахъ упругость и другія свойства одинаковы во всѣхъ направленіяхъ перпендикулярныхъ къ главной оси, но различны во всѣхъ другихъ направленіяхъ. Если въ кристаллѣ этой системы нагрѣвать одну точку, то теплота распространяется съ одинаковою быстротою въ плоскостяхъ перпендикулярныхъ къ главной оси, но болѣе или менѣе быстро въ направленіи этой оси, такъ что изотермальная поверхность есть эллипсоидъ вращенія вокругъ этой оси.

Почти тѣ же положенія примѣняются къ третьей шестиугольной или ромбоэдрической системѣ кристалловъ, въ которой три оси лежатъ въ одной плоскости и сходятся подъ углами въ 60°, между тѣмъ какъ четвертая ось перпендикулярна къ нимъ. Шестисторонняя призма и ромбоэдръ представляютъ наиболѣе обыкновенныя формы принимаемыя кристаллами этой системы, и ледъ, кварцъ и известковый шпатъ даютъ множество прекрасныхъ образчиковъ различныхъ формъ производимыхъ видоизмѣненіями первоначальной формы. Говорятъ, что одинъ известковый шпатъ кристаллизуется по крайней мѣрѣ въ 700 различныхъ формахъ. Обо всѣхъ кристаллахъ относящихся къ этому и диметрическому классу мы знаемъ, что лучъ свѣта, проходя въ направленіи главной оси, претерпѣваетъ одно преломленіе, какъ въ кристаллѣ правильной системы; но во всякомъ другомъ направленіи свѣтъ, подвергаясь двойному преломленію, раздѣляется на два луча, изъ которыхъ одинъ повинуется обыкновенному закону преломленія, другой болѣе сложному закону. Другія физическія свойства измѣняются соотвѣтствующимъ образомъ. Такъ известковый шпатъ отъ теплоты расширяется въ направленіи главной оси, но нѣсколько сжимается въ направленіяхъ перпендикулярныхъ къ ней. Соотношенія между физическими свойствами такъ тѣсны, что Митчерлихъ, наблюдая законъ расширенія въ известковомъ шпатѣ, предсказалъ, что двояко преломляющая способность вещества уменьшится при повышеніи температуры,—что и было доказано опытомъ.

Въ четвертой системѣ, называемой триметрическою, ромбическою или прямо призматическою системою, есть три оси перпендикулярныя между собою, но всѣ неравныя по длинѣ. Можно сказать вообще, что въ такихъ кристаллахъ механическія свойства бываютъ различны во всѣхъ направленіяхъ, и теплота распространяется такъ, что изотермальная поверхность есть эллипсоидъ съ тремя неравными осями.

Въ остальныхъ трехъ классахъ, называемыхъ одноклиномѣрною, двуклиномѣрною и триклиномѣрною системами, оси болѣе или менѣе наклонны и въ тоже время неравны. Поэтому усложненіе явленій сильно увеличивается; но здѣсь нужно замѣтить только, что въ нихъ всегда есть два направленія, въ которыхъ лучъ подвергается одному преломленію, но во всѣхъ другихъ направленіяхъ происходитъ двойное преломленіе. Проведеніе теплоты неодинаково во всѣхъ направленіяхъ и изотермальная поверхность есть эллипсоидъ съ съ тремя неравными осями. Отношенія такихъ кристалловъ къ другимъ явленіямъ часто бываютъ весьма сложны и едва ли ихъ можно подвести подъ законъ. Нѣкоторые кристаллы, называемые пиро-электрическими, обнаруживаютъ стеклянное электричество на нѣкоторыхъ пунктахъ своей поверхности и смоляное электричество на другихъ пунктахъ, когда повышается его температура; но затѣмъ характеръ электричества измѣняется, когда температура понижается. Думаютъ, что это развитіе электричества находится въ связи съ геміэдрическимъ характеромъ кристалловъ, въ которыхъ оно обнаруживается. Кристаллическое строеніе вещества также имѣетъ вліяніе на его магнитныя отношенія, причемъ общій законъ тотъ, что направленіе, въ которомъ частицы кристалла наиболѣе сближены, стремится расположиться по оси или экваторіальио между полюсами магнита, смотря по тому, магнитно или діамагнитно вещество. Сжиманіе также оказываетъ вліяніе на кристаллы. Такъ двояко преломляющіе кристаллы съ одною главною осью пріобрѣтаютъ двѣ оси, когда давленіе перпендикулярно къ направленіи главной оси.

Такимъ образомъ всѣ явленія свойственныя кристаллическимъ тѣламъ находятся въ тѣсномъ соотношеніи съ образованіемъ кристалла, или по крайней мѣрѣ это навѣрное окажется при дальнѣйшихъ изслѣдованіяхъ. Конечно законы этой связи основываются прежде всего на эмпирическомъ наблюденіи, но та простая гипотеза, что упругость и сближеніе частичекъ измѣняются въ направленіяхъ кристаллографическихъ осей, допускаетъ примѣненіе и дедуктивнаго умозаключенія. Вся масса явленій постепенно оказывается согласной съ этой гипотезой, такъ что мы имѣемъ въ кристаллографіи прекрасный примѣръ успѣшной классификаціи, связанной съ почти совершенной физической гипотезой. Кромѣ того эта гипотеза была подтверждена опытомъ Савара надъ механическими звуковыми вибраціями, который показалъ, что вибраціи въ пластинкѣ двуоснаго кристалла указываютъ на существованіе различной упругости въ разныхъ направленіяхъ.

Классификація—обратная и пробная операція.

Если попытки такъ называемой естественной классификаціи дѣйствительно представляютъ попытки совершенной индукціи, то изъ этого слѣдуетъ, что къ нимъ примѣняются тѣ замѣчанія, которыя уже были сдѣланы нами во многихъ мѣстахъ объ обратномъ характерѣ индуктивнаго процесса и о трудности всякой обратной операціи. Нѣтъ вѣрнаго пути къ открытію наилучшей системы и даже невозможно дать правилъ въ пособіе тѣмъ, которые ищутъ основательнаго распредѣленія. Единственное логическое правило состоитъ въ слѣдующемъ: когда даны извѣстные предметы, то нужно группировать ихъ всячески, какъ только возможно и затѣмъ смотрѣть, при какомъ способѣ группировки наиболѣе ясно выступаетъ соотношеніе между свойствами. Но такой методъ исчерпывающей классификаціи почти во всѣхъ случаяхъ непрактиченъ вслѣдствіе громаднаго числа способовъ, которыми можетъ быть сгруппировано сравнительно небольшое число предметовъ. Химики распредѣлили 63 элемента на

6 главныхъ глуппъ, именно: одноатомные, двуатомные, трехъатомные и проч. элементы, причемъ число элементовъ въ классѣ измѣняется отъ 3 до 12. Если бы вычислить все число способовъ, какими можно расположить 63 предмета въ 6 группъ, то оказалось бы, что это число столь велико, что цѣлой продолжительной человѣческой жизни было бы недостаточно для того, чтобы произвести всѣ возможныя группировки. Поэтому правило исчерпывающаго распредѣленія совершенно неосуществимо. Изъ этого слѣдуетъ, что пробованіе на удачу обыкновенно не можетъ привести къ удовлетворительному результату. Если бы написать на 63 билетикахъ названія элементовъ, всыпать ихъ въ балотировальный ящикъ и затѣмъ вынимать ихъ наудачу по 6, то чрезвычайно мала вѣроятность того, чтобы они вынулись въ томъ спеціальномъ порядкѣ, какой напр. принятъ химиками.

Обыкновенный способъ, съ какимъ изслѣдователь приступаетъ къ классификаціи новой группы предметовъ, состоитъ въ пробованіи распредѣлять ихъ по ихъ самымъ очевиднымъ сходствамъ. Всякіе два предмета, представляющіе близкое сходство между собою, соединяются и образуютъ зачатокъ класса, опредѣленіе котораго прежде всего обнимаетъ всѣ видимые пункты сходства. Другіе предметы, по мѣрѣ того какъ они узнаются, постепенно присоединяются къ тѣмъ группамъ, съ которыми они имѣютъ наибольшее число пунктовъ сходства, и опредѣленіе класса приходится часто измѣнять для того, чтобы они могли подойти подъ него. Прежде химики не могли не соединять въ одинъ классъ всѣхъ обыкновенныхъ металловъ, золота, серебра, мѣди, свинца и желѣза, которые представляютъ столько очевидныхъ пунктовъ сходства по плотности, металлическому блеску, ковкости и проч. Но по мѣрѣ того, какъ дѣлались новыя открытія, стали представляться сами собой недостатки такой группировки. Сюрьма, висмутъ и мышьякъ вполнѣ металличны по блеску, плотности и по нѣкоторымъ химическимъ свойствамъ; но они не обладаютъ ковкостью. Недавно открытый теллурій представляетъ еще большія затрудненія; потому что онъ имѣетъ многія физическія свойства металловъ, и однакоже всѣ его химическія свойства аналогичны съ свойствами сѣры и селена, которые никогда не считались металлами. Кромѣ того открыты были постепенно большія химическія различія между пятью упомянутыми металлами; и классъ, если онъ имѣетъ претензію на какое нибудь химическое значеніе, долженъ принять въ себя еще другіе элементы, не имѣющіе ни одного изъ первоначальныхъ свойствъ, на которыхъ былъ основанъ классъ. Водородъ есть прозрачный безцвѣтный газъ съ наименьшею плотностью изъ всѣхъ веществъ; однако по своимъ химическимъ аналогіямъ онъ есть металлъ, какъ это предположилъ

Фаредей [1]) въ 1838 и почти доказалъ Грэмъ [2]); онъ долженъ помѣщаться въ одномъ классѣ съ серебромъ. Подобнымъ образомъ почти всякая классификація предложенная въ раннія эпохи развитія науки оказывается несостоятельною, по мѣрѣ того какъ открываются болѣе глубокія сходства между предметами. Самые очевидные пункты различія оказываются не имѣющими значенія. Хлоръ есть газъ, бромъ жидкость, а іодъ твердое тѣло, и съ перваго взгляда кажется страшнымъ дѣломъ упустить изъ виду эти поразительныя различія; и однакоже эти вещества очень близки по химической аналогіи. Затѣмъ, прогрессъ органической химіи вызвалъ совершенно новые взгляды на сходства соединеній. Кто напр. безъ помощи самыхъ обширныхъ изслѣдованій замѣтилъ бы близкое сходство между глицериномъ и алькоголемъ, или между жирными веществами и эфиромъ? Классъ парафиновъ содержитъ въ себѣ три вещества газообразныхъ при обыкновенной температурѣ, нѣсколько жидкостей и нѣсколько кристаллическихъ твердыхъ тѣлъ. Нужно много проницательности, чтобы открыть аналогію, существующую между столь различными повидимому веществами.

Въ настоящее время дѣло химіи зависитъ въ значительной степени отъ вѣрной классификаціи элементовъ, какъ это показано въ прекрасной статьѣ Фостера о классификаціи въ Dictionary of Chemistry Уатса. Но настоящая система химической классификаціи могла возникнуть не прежде, какъ по устраненіи по крайней мѣрѣ трехъ ложныхъ системъ такъ долго державшихся. И хотя есть основанія думать, что настоящій способъ классификаціи по атомности въ сущности вѣренъ, однако въ подробностяхъ группировки навѣрное будутъ открыты ошибки.

Символическое выраженіе теоріи классификаціи.

Теорію классификаціи можно объяснить самымъ полнымъ и общимъ образомъ при помощи логическаго алфавита, который имѣетъ большую важность въ формальной логикѣ. Эта форма выражаетъ необходимую классификацію всѣхъ предметовъ и идей въ зависимости отъ законовъ мышленія и нѣтъ ни одного пункта относительно цѣлей и способовъ классификаціи, котораго бы нельзя было точно выразить при помощи комбинацій буквъ, и единственное неудобство при этомъ — только отвлеченная форма, въ которой является предметъ.

---

[1]) Life of Faraday, v. II. p. 87.

[2]) Proceed. of the R. Soc.. v, XVII. p. 212. Chemical and Physical Researches, перепечатка, сдѣланная Юнгомъ и А. Смитомъ, p. 290.

Если мы обратимъ вниманіе только на три качества, по которымъ предметы могутъ быть сходны между собою, именно на качества A, B, C, то согласно съ законами мышленія возможно 8 классовъ предметовъ показанныхъ въ 4 столбцѣ логическаго алфавита (стр. 94). Если существуютъ предметы относящіеся ко всѣмъ этимъ 8 классамъ, то изъ этого слѣдуетъ, что качества A, B, C не подлежатъ никакимъ условіямъ, исключая первичныхъ законовъ мышленія и законовъ вещей (стр. 5). Поэтому здѣсь нельзя открыть никакого спеціальнаго закона природы, и если мы расположимъ предметы въ одномъ какомъ-нибудь порядкѣ, а не въ другомъ, то только для того, чтобы показать, что комбинаціи логически полны.

Предположимъ однако, что есть только четыре рода предметовъ обладающихъ качествами A, B, C и что эти роды выражаются комбинаціями A B C, A b C, a B c, a b c. При этомъ порядокъ распредѣленія будетъ имѣть важность; потому что если мы размѣстимъ ихъ въ порядкѣ

$$\left\{\begin{matrix}\mathrm{A\ B\ C}\\ \mathrm{a\ B\ c}\end{matrix}\right. \qquad \left\{\begin{matrix}\mathrm{A\ b\ C}\\ \mathrm{a\ b\ c,}\end{matrix}\right.$$

помѣстивши первыми B, а послѣдними b, то можемъ не замѣтить закона соотношенія между разсматриваемыми свойствами. Но если мы расположимъ комбинаціи такъ

$$\left\{\begin{matrix}\mathrm{A\ B\ C}\\ \mathrm{A\ b\ C}\end{matrix}\right. \qquad \left\{\begin{matrix}\mathrm{a\ B\ c}\\ \mathrm{a\ b\ c,}\end{matrix}\right.$$

то будетъ очевидно съ перваго же раза, что гдѣ есть A, и только гдѣ есть A, тамъ находится и свойство C, а B безразлично присутствуетъ и отсутствуетъ. Второе расположеніе должно быть названо естественнымъ, такъ какъ оно дѣлаетъ очевидными условія, при которыхъ существуетъ комбинація.

Чтобы взять другой примѣръ, предположимъ, что намъ даны для классификаціи 8 предметовъ, которые представляютъ комбинаціи пяти свойствъ, A, B, C, D, E слѣдующимъ образомъ:

A B C d E   a B C d E
A B c d e   a B c d e
A b C D E   a b C D E
A b c D e   a b c D e

Они классифицированы такимъ образомъ, что сначала стоятъ тѣ, которыя содержатъ A, а потомъ тѣ, которыя не содержатъ A; но кажется, никакое другое свойство не находится въ соотношеніи съ A. Измѣнимъ теперь распредѣленіе и сгрупируемъ комбинаціи такъ:

ABCdE	AbCDE
ABcde	AbcDe
aBCdE	abCDE
aBcde	abcDe

Немного нужно вниманія для того, чтобы открыть, что въ первой группѣ B всегда присутствуетъ, а D отсутствуетъ, между тѣмъ какъ во второй группѣ B всегда отсутствуетъ, а D присутствуетъ. Это есть результатъ вытекающій изъ закона формы B=d (стр. 135), такъ что при этомъ способѣ распредѣленія мы легко открываемъ соотношеніе между двумя буквами. Измѣняя еще группы слѣдующимъ образомъ

ABCdE	ABcde
aBCdE	aBcde
AbCDE	AbcDe
abCDE	abcDe

мы открываемъ другое очевидное соотношеніе между C и E. Между A и другими буквами или между двумя парами буквъ B, D и C, E нѣтъ логической связи.

Этотъ примѣръ кажется скучнымъ, но онъ поучителенъ въ слѣдующемъ отношеніи. Мы классифицируемъ только 8 предметовъ или комбинацій, изъ которыхъ въ каждой мы принимаемъ во вниманіе только 5 качествъ. Есть только два закона соотношенія между четырьмя изъ этихъ 5 качествъ и эти законы имѣютъ самый простой логическій характеръ. Однако же читатель едвали откроетъ, каковы эти законы и укажетъ ихъ при бѣгломъ обзорѣ комбинацій находящихся въ первой группѣ. Нужно будетъ сдѣлать много пробныхъ попытокъ классификаціи, прежде чѣмъ мы сможемъ разрѣшить этотъ вопросъ. Предположимъ же теперь, что вмѣсто 8 предметовъ и 5 качествъ мы имѣемъ 500 предметовъ и 50 качествъ. Если бы мы попробовали прежній способъ исчерпывающей группировки, то намъ нужно было бы расположить 500 предметовъ 50 различными манерами, прежде чѣмъ мы могли быть увѣрены, что открыли хоть простѣйшіе законы соотношенія. Даже послѣдсвательная группировка всѣхъ тѣхъ предметовъ, которые имѣютъ каждое изъ 50 свойствъ, не дала бы намъ непремѣнно всѣхъ законовъ. Могутъ существовать сложныя отношенія между многими качествами одновременно и для открытія ихъ не существуетъ никакихъ правилъ.

Раздвояющаяся классификація.

Каждая система классификаціи должна составляться по принципамъ логическаго алфавита. Каждый высшій классъ долженъ раздѣляться на два низшіе класса, отличающіеся присутствіемъ или отсутствіемъ одного специфическаго различія. Каждый изъ этихъ меньшихъ классовъ дѣлится по какому нибудь другому качеству, какое можно придумать и такимъ образомъ всякая классификація состоитъ логически изъ неопредѣленно длиннаго ряда подчиненныхъ родовъ и видовъ. Классификаціи составляемыя нами въ дѣйствительности представляютъ только небольшія части тѣхъ классификацій, которыя вѣрно и вполнѣ представляли бы отношенія между существующими предметами. Но если мы будемъ имѣть въ виду болѣе 4 или 5 качествъ, то число подраздѣленій становится непрактично большимъ. Нашъ ограниченвый умъ неспособенъ разработать до конца какую нибудь сложную группу и мы принуждены упрощать научныя проблемы, часто рискуя при этомъ упустить изъ виду частныя условія и исключенія.

Всякая система классовъ построенная по образцу логическаго алфавита можетъ быть названа *раздвояющеюся*, потому что каждый классъ развѣтвляется на каждомъ шагу на два меньшіе класса, существующіе или воображаемые. Было бы большою ошибкою смотрѣть на такое распредѣленіе какъ на какой нибудь особенный или спеціальвый методъ; оно не только естественная и важная, но даже неизбѣжная и единственная система, которая логически совершенно согласно съ основными законами мышленія. Всѣ другія распредѣленія классовъ соотвѣтствуютъ раздвояющемуся съ тѣмъ подразумѣваемымъ ограниченіемъ, что нѣкоторые изъ меньшихъ классовъ не имѣютъ представителей въ числѣ существующихъ вещей. Если мы возьмемъ родъ A и раздѣлимъ его на виды AB и AC, то при этомъ мы подразумѣваемъ два предложенія, именно что въ классѣ A свойства B и C никогда не встрѣчаются вмѣстѣ и что они оба никогда не отсутствуютъ; эти предложенія логически равнозначны одному, именно AB=Ac. Поэтому наша классификація тожественна съ слѣдующимъ раздвоеніемъ:

$$\overbrace{\overbrace{ABC=0 \qquad\qquad ABc}^{AB} \qquad\qquad \overbrace{AbC \qquad\qquad Abc=0}^{Ab}}^{A}$$

Если же мы раздѣляемъ родъ A на три вида, AB, AC, AD, то или дѣлаемъ логическую ошибку, или же какъ будто утверждаемъ этимъ, что относительно другихъ буквъ существуетъ только три комбинаціи содержащія A, именно ABcd, AbCd и AbcD.

Логическая необходимость раздвояющейся классификаціи была ясно и вѣрно формулирована Д. Бентамомъ, знаменитымъ ботаникомъ, въ его Outline of a New System of Logic, логическое достоинство котораго не было оцѣнено до послѣдняго времени. Бентамъ показываетъ, что всякая классификація должна быть въ сущности раздвояющеюся и беретъ какъ примѣръ дѣленіе позвоночныхъ животныхъ на четыре слѣдующихъ подкласса:

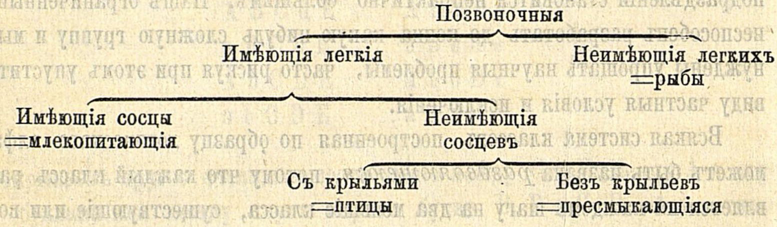
Млекопитающія—имѣющія сосцы и легкія.

Птицы—безъ сосцовъ, но съ легкими и крыльями.

Рыбы—неимѣющія легкихъ.

Пресмыкающіяся—неимѣющія сосцовъ и крыльевъ, но съ легкими.

Поэтому мы имѣемъ, какъ говоритъ Бентамъ, три раздвоенныя дѣленія:



Очевидно, что по законамъ мышленія даже это распредѣленіе не полно. Подклассъ млекопитающія долженъ или имѣть крылья или не имѣть ихъ; мы должны или подраздѣлить этотъ классъ, или же предположить, что ни одно изъ млекопитающихъ не имѣетъ крыльевъ, какъ это дѣйствительно и есть, потому что крылья летучихъ мышей не настоящія крылья въ томъ смыслѣ, какъ этотъ терминъ примѣняется къ птицамъ. Далѣе и рыбъ слѣдуетъ разсматривать относительно признака сосцовъ и крыльевъ; но оставляя ихъ не раздѣленными въ этомъ отношеніи, мы собственно утверждаемъ этимъ, что они никогда не имѣютъ ни сосцовъ, ни крыльевъ, такъ какъ крылья летучихъ рыбъ тоже составляютъ исключеніе. Если мы обратимся къ буквамъ и обозначимъ ихъ такъ

A = позвоночныя,
B = имѣющія легкія,
C = имѣющія сосцы,
D = имѣющія крылья,

то получается четыре существующихъ класса позвоночныхъ характеризующіеся такъ—ABC, ABcD, ABcd, Ab.

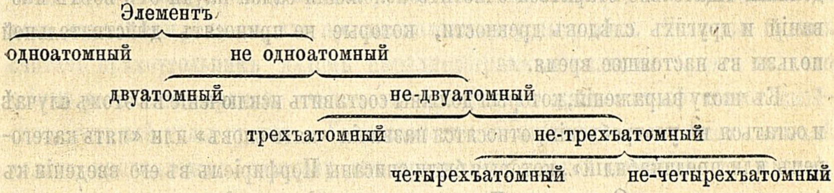
А собственно говоря, должны были бы быть такія комбинаціи

ABCd = млекопитающія,
ABcD = птицы,
ABcd = пресмыкающіяся,
Abcd = рыбы,

и мы въ тоже время предполагаемъ, что другія четыре возможныя комбинаціи содержащія B, C или D, именно ABCD, AbCD, AbCD, AbCd и AbcD не существуютъ въ природѣ.

Бентамъ показываетъ ¹), что этотъ именно методъ употребляли Ламаркъ и де-Кандоль въ ихъ такъ называемомъ аналитическомъ распредѣленіи французской школы. Какъ примѣры онъ приводитъ таблицу главныхъ классовъ системы де-Кандоля, а также раздвояющееся распредѣленіе животныхъ по методу, предложенному Дюмерилемъ въ его Zoologie Analytique, который ясно понималъ логическую важность этого метода. Раздвояющаяся классификація животнаго царства находится также въ Manual of Coelenterata, Р. Грина.

Раздвояющаяся форма классификаціи представляется ненужною, когда качество, по которому мы классифицируемъ какую нибудь группу вещей, допускаетъ численное различеніе. Было бы нелѣпо классифицировать вещи по тому, имѣютъ ли они одну степень качества или не одну степень, двѣ степени или не двѣ степени и т. д. Элементы классифицируются, смотря по тому, насыщаетъ ли атомъ каждаго вещества одинъ, два, три или болѣе атомовъ одноатомнаго элемента, каковъ наприм. хлоръ, и они по этому называются одноатомными, двуатомными, трехъатомными и т. д. элементами. Было бы безполезно примѣнять раздвояющееся распредѣленіе такимъ образомъ:



Причина этого та, что по самой природѣ числа (стр. 153) каждое число логически отличается отъ всякаго другаго числа. Поэтому не можетъ быть логическаго смѣшенія при численномъ распредѣленіи и ряды чиселъ безконечно длинные бываютъ исчерпывающими. Каждая вещь съ качествомъ допу-

---

¹) Essai sur la Nomenclature et la Classification, Paris, 1823, p. 187—8.

скающимъ выраженіе въ числахъ должна найти свое мѣсто гдѣ нибудь въ ряду чиселъ. Аккорды въ музыкѣ соотвѣтствуютъ простымъ численнымъ отношеніямъ и должны допускать полную исчерпывающую классификацію относительно сложности отношеній производящихъ ихъ. Плоскія прямолинейныя фигуры могутъ быть классифицированы по числу ихъ сторонъ на треугольники, четырехстороннія фигуры, пятистороннія, шестистороннія и т. д. Раздвояющаяся классификація не была бы ложна и въ примѣненіи къ такимъ рядамъ предметовъ; она даже необходимо входитъ въ то распредѣленіе, какое мы принимаемъ, такъ что формальное ея проведеніе было бы излишне и скучно. Тоже самое можно сказать о раздѣленіи частей пространства. Рейдъ и Кемсъ старались представить въ смѣшномъ видѣ раздвояющуюся классификацію [1]), предлагая классифицировать части Англіи на Мидльсексъ и не-Мидльсексъ, раздѣляя послѣдній на Кентъ и не-Кентъ, Суссексъ и не-Суссексъ и т. д.

Пять категоремъ или предикабилій.

Говоря вообще, въ высшей степени было бы желательно предать забвенію старыя логическія названія и выраженія, засорявшія науку въ теченіи многихъ столѣтій. Если логика когда нибудь должна стать наукой полезной и прогрессивной, то логикамъ слѣдуетъ для этого отличать логику отъ исторіи логики. Было бы желательно, какъ и относительно всякой другой науки, такъ и логики, чтобы былъ прослѣженъ тотъ ходъ мысли, которымъ логика въ теченіи длиннаго періода до Аристотеля и послѣ него дошла до своего настоящаго состоянія; исторія науки всегда поучительна, такъ какъ она представляетъ примѣры того, какъ происходили открытія. Но въ тоже время мы должны тщательно стараться очистить положенія самой науки отъ всѣхъ названій и другихъ слѣдовъ древности, которые не приносятъ дѣйствительной пользы въ настоящее время.

Къ числу выраженій, которыя должны составить исключеніе въ этомъ случаѣ и остаться въ употребленіи, относятся названія «пять словъ» или «пять категоремъ или предикабилій», которыя были описаны Порфиріемъ въ его введеніи къ Аристотелевскому *Органону*. Два изъ нихъ, *родъ* и *видъ*, представляютъ самыя почтенныя названія въ философіи, и въ своемъ настоящемъ философскомъ смыслѣ они въ первый разъ были употреблены Сократомъ. Въ настоящее время, какъ замѣчаетъ Гротъ, требуется нѣкоторое умственное усиліе для того, чтобы признать нѣкоторую важность за изобрѣтеніемъ такихъ столь обыкновенныхъ теперь понятій, какъ родъ и видъ. Но на дѣлѣ введеніе такихъ терминовъ свидѣтельствовало о ростѣ первыхъ зародышей логическаго и научнаго метода; оно показывало, что люди начали анализировать процессъ своего мышленія.

---

[1]) Д. Бентамъ. Outline of a New System of Logic, p. 115.

Пять предикабилій суть слѣдующіе: родъ, видъ, различіе, свойство (признакъ) и случайное свойство (акциденція). Родъ обозначаетъ всякій классъ предметовъ, который разбивается на два меньшіе класса составляющіе его виды. Родъ опредѣляется извѣстнымъ числомъ качествъ или обстоятельствъ, которыя принадлежатъ всѣмъ предметамъ заключающимся въ классѣ и которыя достаточны для того, чтобы отличить эти предметы отъ всѣхъ другихъ, которыхъ мы не желаемъ включить въ классъ. Въ смыслѣ содержанія родъ есть группа качествъ; въ смыслѣ же объема онъ есть группа предметовъ обладающихъ этими качествами. Если принимается во вниманіе другое качество, которое принадлежитъ однимъ предметамъ и не принадлежитъ другимъ, то это качество становится различіемъ, которое дѣлитъ родъ на два вида. Мы можемъ давать истолкованіе виду или по содержанію или по объему; въ первомъ отношеніи онъ больше чѣмъ родъ, такъ какъ содержитъ въ себѣ еще одно качество составляющее различіе; въ другомъ же отношеніи онъ меньше, чѣмъ родъ, такъ какъ содержитъ только одну часть группы составляющей родъ. Поэтому мы можемъ сказать съ Аристотелемъ, что въ одномъ смыслѣ родъ содержится въ видѣ, именно въ его содержаніи, а въ другомъ видъ содержится въ родѣ, именно въ объемѣ. Очевидно, что различіе можетъ быть находимо только въ содержаніи.

Свойство есть качество, которое относится ко всему классу, но не входитъ въ опредѣленіе этого класса. Родовое свойство (признакъ) принадлежитъ каждому индивидуальному предмету, содержащемуся въ родѣ. Напр. свойство рода параллелограма то, что противоположные углы равны. Если мы будемъ считать прямоугольникъ видомъ параллелограма и различіе будетъ то, что *одинъ* уголъ есть прямой, то изъ этого слѣдуетъ какъ специфическое свойство, что всѣ углы прямые. Хотя свойство въ строгомъ логическомъ смыслѣ должно принадлежать каждому изъ предметовъ, заключающихся въ классѣ, котораго оно составляетъ свойство, однако оно или можетъ или не можетъ принадлежать и другимъ предметамъ. Свойство имѣть противоположные равные углы можетъ принадлежать многимъ фигурамъ, кромѣ параллелограмовъ, напр. правильнымъ шестиугольникамъ. Свойство круга состоитъ въ томъ, что всѣ треугольники, построенные на діаметрѣ съ вершиною на окружности, суть прямоугольные треугольники, и наоборотъ всякія кривыя, къ которымъ примѣнимо это положеніе, должны быть кругами. Свойство, которое такимъ образомъ принадлежитъ всему классу и только этому классу, и называется у Аристотеля и Порфирія свойствомъ (ἴδιον), т. е. особеннымъ признакомъ или характеристическимъ свойствомъ. Каждое такое свойство даетъ намъ возможность выразить положеніе въ формѣ простаго тожества (стр. 36). Такъ мы знаемъ, что особенное свойство круга состоитъ въ томъ, что при данной длинѣ периметра онъ обнимаетъ большую площадь, чѣмъ всякая другая возможная кривая; поэтому мы можемъ сказать, что

кривая равной кривизны=кривая съ наибольшею площадью.

Характеристическій признакъ равностороннихъ треугольниковъ тотъ, что они равноугольны и наоборотъ, характеристическое свойство равноугольныхъ треугольниковъ то, что они равносторонни. Свойство кристалловъ правильной системы то, что они не имѣютъ способности двойнаго преломленія, но это не есть ихъ характеристическое свойство, потому что жидкости и газы также лишены этого свойства.

Случайное свойство, пятая и послѣдняя изъ категоремъ или предикабилій, есть всякое качество, которое можетъ или не можетъ принадлежать извѣстнымъ предметамъ и которое не имѣетъ связи съ принятой классификаціей. Величина отдѣльнаго кристалла не имѣетъ ни малѣйшаго вліянія на форму кристалла, также какъ и тотъ видъ, въ какомъ онъ сгруппированъ съ другими кристаллами; а потому величина и видъ группировки представляютъ случайные признаки относительно кристаллографической классификаціи. Относительно химическаго состава вещества случайный признакъ составляетъ то, кристаллическое ли это вещество или нѣтъ, организованное ли оно или нѣтъ. Относительно ботанической классификаціи абсолютная величина растенія есть случайность. Итакъ мы видимъ, что логическій случайный признакъ есть всякое качество или обстоятельство, о которомъ мы не знаемъ, находится ли оно въ соотношеніи съ качествами или обстоятельствами, составляющими опредѣленіе вида.

Смыслъ предикабилій можетъ быть вполнѣ разъясненъ нашими символами. Положимъ A есть какая нибудь опредѣленная группа качествъ и B другое качество или группа качествъ; тогда A составитъ родъ, а AB, Ab будутъ его виды, причемъ B составляетъ различіе. Положимъ C, D и E другія качества или группы качествъ и положимъ, что при разсмотрѣніи комбинацій, въ которыхъ встрѣчаются A, B, C, D, E, они оказываются такими:

A B C D E   A b C d E
A B C D e   A b C d e

Здѣсь мы видимъ, что вездѣ, гдѣ есть A, находится также и C, такъ что C есть родовое свойство; D всегда встрѣчается съ B, такъ что оно составляетъ специфическое свойство, между тѣмъ какъ Е безразлично присутствуетъ и отсутствуетъ, такъ что оно не находится въ соотношеніи ни съ какою другою буквою; поэтому оно составляетъ случайность. Поэтому мы видимъ, что логическій алфавитъ представляетъ нескончаемую серію подчиненныхъ родовъ и видовъ; онъ есть точное символическое выраженіе того, что содержится въ старомъ ученіи о предикабиліяхъ.

Самый высшій родъ и самый низшій видъ.

Такъ какъ родомъ можно считать всякій классъ, который представляется состоящимъ изъ меньшихъ классовъ или видовъ, то изъ этого слѣдуетъ, что одинъ и тотъ же классъ съ одной точки зрѣнія будетъ родомъ, а съ другой видомъ. Металлъ будетъ родомъ относительно щелочнаго метала и видомъ относительно элемента, и всякая обширная система классовъ состоитъ изъ ряда подчиненныхъ или второстепенныхъ видовъ и родовъ. Но при этомъ возникаетъ вопросъ, имѣетъ ли подобная цѣпь классовъ опредѣленную границу и конецъ. Старинные логики учили, что вверху онъ оканчивается самымъ общимъ или высшимъ родомъ (genus generalissimus или summum genus), который уже не служитъ видомъ какого нибудь болѣе обширнаго класса. Нѣкоторыя весьма общія понятія, каковы напр. субстанція, предметъ или вещь считались столь обширными, что они будто бы содержатъ въ себѣ всѣ мыслимые предметы, и для практическихъ цѣлей это и можно было принять. Но я уже объяснилъ (стр. 74), что мы не можемъ мыслить ни о какомъ предметѣ или классѣ, не отдѣляя его въ тоже время отъ того, что не есть этотъ предметъ или классъ. Всякое мышленіе относительно и предполагаетъ собою различеніе, такъ что каждый классъ и каждое логическое понятіе должно имѣть свое отрицаніе. А если такъ, то не можетъ быть самаго высшаго рода; потому что мы не можемъ составить требуемаго понятія о классѣ составляющемъ его, не предполагая въ тоже время существованія другаго класса, отличнаго отъ него; а прибавивши этотъ новый отрицательный классъ къ предполагаемому наивысшему роду, мы получаемъ еще высшій родъ, что нелѣпо.

Однако, хотя и нѣтъ абсолютнаго высшаго рода, но тѣмъ не менѣе относительно всякой отрасли знанія или какого нибудь частнаго аргумента всегда есть какой нибудь классъ или понятіе, которое, такъ сказать, ограничиваетъ нашъ горизонтъ. Химикъ ограничиваетъ свой кругозоръ матеріальными веществами и силами, обнаруживающимися въ нихъ; математикъ же расширяетъ свой кругозоръ до такой степени, чтобы онъ обнималъ всѣ понятія, способныя къ численному различенію. Напротивъ біологъ имѣетъ болѣе тѣсную сферу, содержащую только организованныя тѣла и изъ нихъ ботаникъ и зоологъ берутъ только части. Въ другихъ предметахъ можетъ быть еще болѣе узкій высшій родъ, когда напр. юристъ имѣетъ въ виду только мыслящихъ существъ его страны съ ихъ собственностью.

При описаніи логическаго алфавита было указано (стр. 93), что каждая серія комбинацій въ сущности есть развитіе одного класса, обозначаемаго X; потому эта буква и поставлена въ первомъ столбцѣ таблицы (стр. 94). Это есть формальное признаніе принципа, ясно постановленнаго Де Морганомъ, что всякое мышленіе совершается съ предположеніемъ какого нибудь высшаго рода. Но въ то же самое время тотъ фактъ, что X, какъ логическій терминъ, долженъ имѣть свое отрицаніе, показываетъ, что X не можетъ быть абсолютнымъ высшимъ родомъ.

Затѣмъ возникаетъ вопросъ, можетъ ли быть самый низшій видъ, который уже не могъ бы дѣлиться на меньшіе виды. Старинные логики были того мнѣнія, что всегда есть такой дѣйствительный классъ, который можетъ подраздѣляться только на индивидуумы (особи). Но эта доктрина теоретически невѣрна, какъ уже давно показалъ Д. Бентамъ [1]). Мы можемъ положить произвольную границу подраздѣленію нашихъ классовъ во всякомъ пунктѣ, пригодномъ для нашей цѣли. Кристаллографъ обыкновенно не считаетъ различными видами тѣхъ кристаллическихъ формъ, которыя различаются только степенью развитія плоскостей. Натуралистъ оставляетъ безъ вниманія многочисленныя слабыя различія между животными, которыхъ онъ относитъ къ одному и тому же виду. Но съ строго логической точки зрѣнія классификацію можно продолжать до тѣхъ поръ, пока есть различіе между предметами, какъ бы оно ни было мало, и мы такимъ образомъ можемъ вести классификацію до тѣхъ поръ, пока не дойдемъ до индивидуальныхъ предметовъ, которые численно различны въ логическомъ смыслѣ, придаваемомъ этому выраженію въ главѣ о числѣ. Поэтому мы или должны называть индивидуумъ низшимъ видомъ или признать, что низшіе виды вовсе не существуютъ.

Дерево Порфирія.

Какъ Аристотелю, такъ и Платону была извѣстна важность раздвояющейся классификаціи, которою они иногда пользовались явнымъ образомъ. Кромѣ того невозможно, чтобы Аристотель, устанавливая законы мышленія и употребляя предикабиліи, могъ не сознавать хотя не прямо логической необходимости этого метода. Однакоже только въ замѣчательномъ и во многихъ отношеніяхъ превосходномъ *Введеніи къ категоріямъ Аристотеля* Порфирія мы находимъ самое точное развитіе его. Порфирій не только подробно и тщательно описываетъ предикабиліи, но и приводитъ примѣръ для разъясненія тѣхъ предикабилій, которыя представляютъ прекрасный образчикъ раздвояющейся классификаціи. Передавая смыслъ его словъ [1]), мы можемъ сказать, что онъ беретъ субстанцію, какъ раздѣляемый родъ, подъ который онъ послѣдовательно подводитъ какъ виды—тѣло, одушевленное тѣло, животное, разумное животное и человѣкъ. Подъ человѣка подходятъ далѣе Сократъ, Платонъ и другіе отдѣльные люди. Въ числѣ этихъ понятій субстанція есть самый высшій родъ и только родъ, но не видъ. Съ другой стороны человѣкъ есть частнѣйшій (самый низшій) видъ и только видъ, но не родъ. Тѣло есть видъ субстанціи, но родъ одушевленнаго тѣла, которое далѣе есть видъ тѣла, но родъ животнаго. Животное есть видъ одушевленнаго тѣла, но родъ разумнаго животнаго, которое тоже есть видъ животнаго, но родъ человѣка. Наконецъ человѣкъ есть видъ разумнаго животнаго, и есть просто видъ, но не родъ, такъ какъ онъ подраздѣляется только на отдѣльныхъ людей.

---

[1]) Outline of a New System of Logic, 1827, p. 117.

Порфирій довольно подробно развиваетъ свой примѣръ для дальнѣйшаго разъясненія предикабилій. Въ сочиненіи самого Порфирія мы не находимъ никакой схемы или чертежа наглядно представляющаго этотъ любопытный образчикъ классификаціи, но нѣкоторые изъ раннихъ коментаторовъ и компиляторовъ начертили то, что долгое время называлось деревомъ Порфирія. Этотъ чертежъ, который можно найти въ самыхъ элементарныхъ сочиненіяхъ по логикѣ [2]), называется также Рамусовскимъ деревомъ, потому что Рамусъ сильно настаивалъ на важности дихотоміи, какъ называется раздвояющаяся классификація. За исключеніемъ І. Бентама [3]) и Д. Бентама едвали кто изъ новѣйшихъ логиковъ понималъ всю цѣну раздвояющейся классификаціи. Послѣдній авторъ разсматривалъ этотъ предметъ въ Outline of a New System of Logic (p. 105—118) и въ его болѣе раннемъ сочиненіи подъ заглавіемъ Essai sur la Nomenclature et la Classification des Principales Branches d'Art et Science (Paris, 1822), которое представляетъ вольный переводъ или исправленное изданіе статьи его дяди о классификаціи въ хрестоматіи. Исторія Порфиріевскаго или Рамусовскаго дерева представляетъ нѣкоторый интересъ, потому что она есть прототипъ логическаго алфавита лежащаго въ основаніи логическаго метода. І. Бентамъ справедливо говоритъ о «безукоризненной прелести Рамусовскаго дерева». Показавши его логическое значеніе какъ исчерпывающаго метода классификаціи и опровергши возраженія Рейда и Кемса неудовлетворительными по моему мнѣнію доказательствами, онъ разсматриваетъ, какъ далеко можно довести его. Онъ вѣрно указываетъ на два возраженія противъ широкаго примѣненія двойственной классификаціи: 1, что она скоро становится не практично обширною и не гибкою, и 2, что она не экономична. Въ его время извѣстное число различныхъ растительныхъ видовъ составляло 40,000, и онъ предоставляетъ читателю судить о томъ, какъ громадно должно быть число вѣтвей и какъ обширна площадь раздвояющейся таблицы, которая представила бы всѣ эти виды въ одной схемѣ. Онъ также указываетъ на очевидную потерю труда при составленіи всякой большой раздвоенной классификаціи; но это по его мнѣнію вполнѣ вознаграждается логическою цѣнностью результата и логической практикой пріобрѣтаемой при составленіи ея. І. Бентамъ затѣмъ вполнѣ признаетъ достоинство логическаго алфавита подъ другимъ названіемъ, хотя и онъ признаетъ также границу ея примѣненія въ ограниченности нашихъ умственныхъ и физическихъ силъ.

---

[1]) Porphyrii Isagoge, cap. II. 24.

[2]) Джевонсъ, Elementary Lessons in Logic, p. 104.

[3]) Chrestomathia; beeing a Collection of Papers etc., London, 1816, Appendix V.

Отвлеченіе предполагаетъ ли обобщеніе?

Для того, чтобы пріобрѣсть полное понятіе о классификаціи, мы должны отвѣтить на весьма трудный вопросъ, дѣйствительно ли логическое отвлеченіе предполагаетъ собою обобщеніе? Этотъ вопросъ вполнѣ равносиленъ тому, какъ если бы мы спросили, можетъ ли видъ имѣть одинаковый объемъ съ своимъ родомъ, или наоборотъ, можетъ ли родъ имѣть больше содержанія чѣмъ видъ. Отвлекать въ логическомъ смыслѣ значитъ (стр. 27) не обращать вниманія или оставлять безъ вниманія какіе нибудь пункты различія. Когда мы составляемъ классъ, то на время забываемъ различія между предметами соединенными такимъ образовъ по какому нибудь общему качеству. Когда мы соединяемъ въ классъ большое число предметовъ, напр. жилыхъ домовъ, мы оставляемъ безъ вниманія тотъ фактъ, что нѣкоторые дома построены изъ камня, а другіе изъ кирпича, дерева, желѣза и проч. Весьма часто отвлеченіе какого нибудь признака увеличиваетъ число предметовъ входящихъ въ классъ согласно закону обратнаго отношенія между количествами объема и содержанія (стр. 25). Жилой домъ есть болѣе обширный терминъ чѣмъ кирпичный жилой домъ; а домъ еще болѣе общій терминъ чѣмъ жилой домъ. Но занимающій насъ вопросъ состоитъ въ томъ, *всегда ли* отвлеченіе увеличиваетъ число предметовъ входящихъ въ классъ, или въ другой формѣ, *всегда ли* вѣренъ законъ обратнаго отношенія между логическими количествами. Интересъ къ этому вопросу между прочимъ возбуждается тѣмъ фактомъ, что столь высокій философскій авторитетъ какъ Гербертъ Спенсеръ отрицалъ, чтобы въ отвлеченіи заключалось обобщеніе [1]), и на этомъ основаніи отвергалъ прежніе методы классификаціи наукъ и составилъ свой собственный остроумный. Кромѣ того это есть основной вопросъ имѣющій большую логическую важность и представляетъ утонченныя трудности, которыя долгое время удерживали меня отъ составленія рѣшительнаго мнѣнія.

Попытаемся отвѣтить на этотъ вопросъ при помощи разсмотрѣнія нѣсколькихъ примѣровъ. Сравнимъ два класса, *пушка* и *желѣзная пушка*. Несомнѣнно, что есть много пушекъ не изъ желѣза, такъ что отвлеченіе признака «сдѣланная изъ желѣза» увеличиваетъ объемъ понятія. Затѣмъ сравнимъ *пушка* и *металлическая пушка*. Всѣ пушки въ настоящее время дѣлаются изъ металла, такъ что эти два понятія повидимому имѣютъ одинаковый объемъ; но пушки снача дѣлались изъ деревянныхъ частей связанныхъ обручами подобно бочкамъ, и такъ какъ логическій терминъ *пушка* не указываетъ на время, то онъ долженъ заключать въ себѣ всѣ пушки когда либо существовавшія. Здѣсь тоже объемъ увеличивается по мѣрѣ того какъ уменьшается содержаніе. Сравнимъ еще «паровая машина локомотивъ» и «машина локомотивъ». Въ настояще время, насколько мнѣ извѣстно, всѣ локомотивы дѣйствуютъ паромъ, такъ что опущеніе этого признака повидимому не расширяетъ термина; но весьма вѣроятно, что когда нибудь въ будущемъ въ локомотивахъ будетъ дѣйствовать какой нибудь другой двигатель. И такъ какъ логическій терминъ не даетъ никакого ограниченія времени, то мы несомнѣнно должны принимать, что есть классъ локомотивовъ не дѣйствующихъ паромъ также какъ и классъ паровыхъ локомотивовъ. Когда былъ первоначально установленъ классъ «молочаевыхъ» (Euphorbiaceae), то всѣ извѣстныя растенія относившіяся къ нему не имѣли вѣнчиковъ; и такимъ образомъ казалось, что два класса «молочаевыя» и «молочаевыя не имѣющія вѣнчиковъ» имѣли одинаковый объемъ. Впослѣдствіи въ тропическихъ странахъ было найдено нѣсколько растеній явно относящихся къ тому же классу, и однако же они имѣли блестяще окрашенные вѣнчики. Натуралисты вполнѣ увѣрены въ томъ, что «отрыгающія жвачку» и «отрыгающія жвачку съ раздвоенными копытами» суть тожественные термины, потому что до сихъ поръ не было открыто ни одного отрыгающаго жвачку безъ раздвоенныхъ копытъ. Но мы не можемъ считать невозможнымъ соединенія отрыганія жвачки съ нераздвоеннымъ копытомъ и было бы слишкомъ смѣло предполагать съ увѣренностью, что никогда мы не встрѣтимъ примѣра подобнаго соединенія. Можно привести безчисленное множество примѣровъ, когда были открываемы предметы соединявшіе въ себѣ такія свойства, которыя никогда не встрѣчались вмѣстѣ. Въ животномъ царствѣ черный лебедь, Ornithorynchus paradoxus и въ послѣднее время странная рыбка названная Ceratodus Forsteri, всѣ открытые въ Австраліи, соединяютъ признаки, совмѣстное существованіе которыхъ никогда неизвѣстно было прежде. Въ настоящее время драгированія изъ глубины океана открыли нѣсколькихъ животныхъ неожиданнаго вида. И въ другихъ отрасляхъ науки возможны странныя исключительныя открытія. Когда Деви въ первый разъ открылъ металлическій калій, тогда существовалъ прочно установившійся эмпирическій законъ, что всѣ металлическія вещества обладаютъ высокимъ удѣльнымъ вѣсомъ, и наимѣніе плотнымъ изъ металловъ былъ цинкъ, удѣльный вѣсъ котораго былъ 7, 1. Однакоже къ удивленію химиковъ, калій оказался несомнѣннымъ металомъ съ плотностью меньшею чѣмъ у воды, такъ какъ его удѣльный вѣсъ 0,865.

---

[1]) The Classification of the Sciences etc., 3 ed. p. 7. Essays: Scientific, Political, and Speculative. v. III. p. 13.

Едва ли нужно доказывать дальнѣйшими примѣрами, что наше знаніе природы не полно, такъ что мы не можемъ съ увѣренностью умозаключать о несуществованіи новыхъ комбинацій. Говоря логически, мы должны оставить открытымъ мѣсто для животныхъ, которыя отрыгаютъ жвачку и не имѣютъ раздвоенныхъ копытъ и для всякой возможной промежуточной формы между животнымъ, растеніемъ или минераломъ. Чисто логическая классификація должна принимать въ соображеніе не только то, что несомнѣнно существуетъ, но и то, что впослѣдствіи можетъ оказаться существующимъ.

Но я пойду еще дальше и скажу, что въ нашихъ научныхъ классификаціяхъ мы должны оставлять мѣста для чисто воображаемыхъ существъ. Значительная часть возможныхъ математическихъ функцій не имѣетъ примѣненія къ обстоятельствамъ нынѣшней вселенной. Физики изслѣдуютъ природу и слѣдствія силъ, которыя нигдѣ не существуютъ. Principia Ньютона полны подобными изслѣдованіями. Въ одной главѣ своей Mécanique Céleste Лапласъ занимается замѣчательными разсужденіями о томъ, каковы были бы законы движенія, еслибы количество движенія, вмѣсто того чтобы измѣняться просто пропорціонально скорости, составляло болѣе сложную функцію ея. Я уже упоминалъ о томъ, что Эйри представляетъ себѣ существованіе міра, въ которомъ законы были бы таковы, что при нихъ возможно было бы вѣчное движеніе, и законъ сохраненія живой силы не имѣлъ бы дѣйствія.

Мышленіе не ограничивается предѣлами того, что матеріально существуетъ, но оно опредѣляется только тѣми основными законами тожества, противорѣчія и двойственности, которые мы изложили съ самаго начала. Это есть пунктъ, относительно котораго я не могу согласиться съ Спенсеромъ. Онъ кажется предполагаетъ, что классификація бываетъ полною, если въ ней есть мѣсто для всякаго существующаго предмета, и практически это можетъ считаться достаточнымъ; но на это можно сдѣлать два глубокихъ возраженія. Во 1-хъ, мы не знаемъ всего, что существуетъ, и потому ограничивая наши классы, мы ошибочно опускаемъ множество предметовъ неизвѣстной формы и природы, которые могутъ существовать или на землѣ или въ другихъ частяхъ пространства. Во 2-хъ, какъ я уже объяснилъ, способности мышленія не ограничены матеріальными предметами и мы можемъ, а для нѣкоторыхъ цѣлей и должны воображать предметы, которые вѣроятно не существуютъ, и если мы вообразимъ ихъ, то для нихъ должно найтись мѣсто въ научныхъ классификаціяхъ.

Однако главная трудность этого предмета состоитъ въ томъ, что математическіе и другіе достовѣрные законы рѣшительно не допускаютъ существованія нѣкоторыхъ комбинацій. Кругъ можетъ быть опредѣленъ какъ плоская кривая съ постоянной кривизной, а свойствомъ круга будетъ то, что онъ заключаетъ наибольшую площадь въ самомъ меньшемъ возможномъ периметрѣ. Можемъ ли мы послѣ этого вообразить себѣ кругъ какъ нибудь иначе, а не фигурой съ наибольшею возможною площадью. Или возьмемъ еще болѣе простой примѣръ: параллелограмъ обладаетъ тѣмъ свойствомъ, что онъ имѣетъ противолежащіе углы равные. Можемъ ли мы умственно раздѣлить параллелограмы на два класса, смотря по тому, имѣютъ ли они или не имѣютъ противолежащихъ равныхъ угловъ? Это можетъ показаться нелѣпостью, такъ какъ мы знаемъ, что одинъ изъ этихъ двухъ видовъ параллелограма не можетъ существовать. Но если изучающій геометрію не представлялъ себѣ возможнымъ существованіе обоихъ видовъ, то какой же смыслъ можетъ имѣть 34 положеніе I книги Эвклида? Мы не можемъ отрицать или опровергать существованія извѣстной комбинаціи, не признавая этимъ самымъ до извѣстной степени того, что эта комбинація есть мыслимое дѣло.

Заключеніе, къ которому я прихожу, противорѣчитъ заключенію Спенсера. Я думаю, что всегда, когда мы отвлекаемъ качество или признакъ, мы обобщаемъ или расширяемъ понятіе, отъ котораго мы отвлекаемъ. Каковы бы ни были термины A, B и C, но я думаю, что по строгой логикѣ AB въ умственномъ представленіи есть болѣе обширный терминъ чѣмъ ABC, потому что AB содержитъ въ себѣ два вида ABC и ABc. Терминъ A еще обширнѣе, потому что онъ содержитъ четыре вида ABC, ABc, AbC, Abc. Словомъ логическій алфавитъ есть единственная граница классовъ предметовъ, которые мы должны представлять себѣ съ чисто логической точки зрѣнія. Какія бы понятія ни представлялись намъ, мы должны умственно комбинировать ихъ всѣми возможными способами, допускаемыми законами мышленія и представленными въ логическомъ алфавитѣ, и затѣмъ уже дѣло дальнѣйшаго изслѣдованія опредѣлить, какія изъ этихъ комбинацій существуютъ во внѣшней природѣ и какія въ дѣйствительности отвергаются условіями пространства. Классификація въ сущности есть умственная, а не матеріальная вещь.

Открытіе признаковъ или характеристикъ.

Хотя главная цѣль классификаціи состоитъ въ томъ, чтобы открыть самыя глубокія и самыя общія сходства между классифицируемыми предметами, однако практическое достоинство системы зависитъ отъ той легкости, съ какою мы можемъ указать для каждаго предмета его настоящій классъ, и такимъ образомъ умозаключить объ немъ все, что намъ извѣстно объ этомъ классѣ. Эта операція открытія того, къ какому классу системы относится данный экземпляръ или случай, называется *діагнозомъ*—техническій терминъ часто употребляемый врачами, которымъ нужно постоянно діагнозировать или опредѣлять природу болѣзни, которою страдаетъ паціентъ. Но каждый классъ опредѣляется извѣстными специфическими качествами или признаками, сумма которыхъ находится въ каждомъ предметѣ содержащемся въ классѣ и *во все не находится* въ предметахъ исключенныхъ изъ класса. Эти качества должны состоять въ самыхъ глубокихъ и важныхъ признакахъ, подъ которыми мы неопредѣленно подразумѣваемъ вѣроятно такія условія, съ которыми находятся въ соотношеніи меньшіе признаки. Но часто случается, что такъ называемые важные пункты предмета не принадлежатъ къ числу тѣхъ, которые всего легче могутъ быть наблюдаемы. Такъ два большіе класса явнобрачныхъ характеризуются тѣмъ, что одинъ имѣетъ двѣ сѣмядоли, а другой одну. Но когда намъ встрѣтится растеніе и нужно будетъ отнести его къ надлежащему классу, то можетъ случиться, что у насъ вовсе нѣтъ его сѣмянъ, которыя мы могли бы изслѣдовать для того, чтобы узнать, даютъ ли они при проростаніи двѣ доли или одну. Даже если у насъ есть сѣмя, то оно можетъ быть такъ мало, что потребуется самое тщательное изслѣдованіе и разрѣзываніе его подъ микроскопомъ, чтобы увидѣть число сѣмядолей. Иногда изслѣдованіе сѣмени можетъ ввести насъ въ ошибку, потому что сѣмядоли или могутъ быть неразвиты, какъ у чужеядной повилицы, или сростаются между собою, какъ у клинтоніи. Поэтому ботаники рѣдко обращаются къ сѣмени за рѣшеніемъ вопроса о классѣ. Многіе другіе признаки растенія находятся въ соотношеніи съ числомъ сѣмядолей; такъ односѣменодольныя растенія почти всегда имѣютъ параллельныя жилки подобно травамъ, между тѣмъ какъ двусѣменодольныя имѣютъ сѣткообразныя жилки, какъ напр. у дуба. Кромѣ того у односѣменодольныхъ число частей въ цвѣткѣ чаще всего бываетъ три или какое нибудь кратное отъ трехъ, между тѣмъ какъ у двусѣменодольныхъ преобладающія числа тѣхъ же частей составляютъ четыре, и его кратныя. Поэтому ботаникъ при первомъ взглядѣ на листья и цвѣты можетъ почти навѣрное сказать, къ какому классу относится растеніе, и можетъ умозаключить не только о числѣ сѣмядолей въ этомъ растеніи, но также о строеніи стебля и о другихъ общихъ признакахъ.

Всякое очевидное и легко отличимое свойство, которое мы выбираемъ съ цѣлью опредѣленія того, къ какому классу относится предметъ, можетъ быть названо *характеристикою* или характеристическимъ признакомъ. Логическія условія характеристическаго признака весьма просты, именно онъ долженъ принадлежать всѣмъ предметамъ входящимъ въ извѣстный классъ, и никакимъ другимъ. Каждый признакъ долженъ давать намъ возможность утверждать простое тожество; если A есть признакъ, а B съ точки зрѣнія содержанія классъ предметовъ, обозначаемыхъ имъ, тогда $A=B$ должно быть вѣрно. Характеристика можетъ состоять или изъ одного качества, или изъ группы ихъ, только бы всѣ они были постоянны и легко открываемы. Такъ при классификаціи млекопитающихъ зубы оказываютъ очень большую помощь, и не потому, чтобы малѣйшее измѣненіе въ числѣ и формѣ зубовъ имѣло важность въ общей экономіи организма, а потому, что такія измѣненія, какъ показываетъ эмпирическое наблюденіе, совпадаютъ съ самыми важными различіями въ общихъ сродствахъ. Найдено, что меньшіе классы и роды млекопитающихъ могутъ быть точно отличаемы по зубамъ, въ особенности по первому и послѣднему кореннымъ зубамъ. Впрочемъ нѣкоторыхъ зубовъ иногда не бываетъ, такъ что зоологи предпочитаютъ обращаться къ тѣмъ характеристическимъ зубамъ, которые наиболѣе постоянны [1]), и по нимъ умозаключать не только о расположеніи другихъ зубовъ, но и обо всемъ видѣ животнаго.

Весьма трудное дѣло провести разграничивающую линію между животнымъ и растительнымъ царствами и сомнительно даже, можно ли установить между ними строгую границу. Самое основное и важное различіе растительнаго вещества отъ животнаго вѣроятно состоитъ въ отсутствіи азота въ составѣ растительныхъ тканей. Если это такъ, то представляется та трудность, что при изслѣдованіи мелкихъ организмовъ мы не можемъ прямо убѣдиться, содержатъ ли они азотъ или нѣтъ. Поэтому нужно какое нибудь менѣе важное, но легче ткрываемое качество для различенія животныхъ отъ растеній и для этого до нѣкоторой степени служитъ тотъ фактъ, что образованіе крахмальныхъ зеренъ происходитъ только въ растительномъ царствѣ. Поэтому desmidiaceae могутъ быть отнесены къ растительному царству, потому что они содержатъ крахмалъ. Но этотъ признакъ нельзя употреблять въ отрицательномъ смыслѣ; діатомовыя вѣроятно растенія, хотя они не производятъ крахмала.

---

[1]) Овенъ, Essay on the Classification and Geographical Distribution of the Mammalia, p. 20.

Діагностическія системы классификаціи.

Мы видѣли, что діагнозъ есть процессъ открытія того мѣста, на которое долженъ быть поставленъ предметъ въ какой нибудь системѣ классовъ, къ которой онъ отнесенъ вслѣдствіе какого нибудь предварительнаго изслѣдованія, съ цѣлью воспользоваться относительно этого предмета знаніемъ добытымъ прежде. Очевидно, это дѣло большой важности, потому что если бы мы во всякое время не могли узнавать предметовъ или веществъ уже изслѣдованныхъ, то всѣ внесенныя въ науку открытія потеряли бы свое значеніе. И даже одно отдѣльное изслѣдованіе должно имѣть средства регистрировать и систематизировать свои наблюденія надъ всякою большою группою предметовъ подобною растительному и животному царству.

Но какъ только составленъ классъ, необходимо тотчасъ же дать его опредѣленіе, показывающее качества и признаки принадлежащіе всѣмъ предметамъ включаемымъ въ классъ и не принадлежащіе *никакимъ другимъ* предметамъ. Поэтому діагнозъ состоитъ въ сравненіи качествъ извѣстнаго предмета съ опредѣленіями рода классовъ; отсутствіе въ предметѣ одного какого нибудь качества, заключающагося въ опредѣленіи, исключаетъ его изъ класса имѣющаго такое опредѣленіе; между тѣмъ какъ если мы найдемъ, что каждый пунктъ опредѣленія вполнѣ примѣнимъ къ данному экземпляру, то сразу же можемъ помѣстить его въ этотъ классъ. Само собою разумѣется, что нельзя считать достовѣрнымъ того, что все то, что утверждается о классѣ, вѣрно и обо всѣхъ предметахъ, которые впослѣдствіи будутъ отнесены къ классу; потому что это былъ бы случай несовершенной индукціи, которая никогда не можетъ быть болѣе чѣмъ вѣроятною. Опредѣленіе можетъ дать намъ понятіе только о конечномъ числѣ качествъ предмета и всегда можетъ оказаться, что предметы сходные по этимъ качествамъ будутъ различны по другимъ качествамъ. *Индивидуумъ не можетъ быть опредѣленъ* и мы можемъ получить понятіе объ немъ только тогда, когда намъ покажутъ этотъ индувидуумъ или же какой нибудь реальный образецъ вполнѣ сходный съ нимъ. Но эти и другіе вопросы относящіеся къ опредѣленію будутъ разсмотрѣны мною въ другомъ сочиненіи, которое будетъ посвящено языку.

Діагностическія системы классификаціи должны вообще располагаться по раздвоющемуся методу. Выбирается какое нибудь качество, которое дѣлитъ всю группу предметовъ на двѣ отличныя части, и каждая часть можетъ быть подраздѣляема по какому нибудь выдающему и явственному признаку, который находится въ одной большей части рода и не находится въ другой. При такой классификаціи, чтобы помѣстить предметъ на его настоящее мѣсто, намъ нужно только узнать, обладаетъ ли онъ или нѣтъ послѣдовательными критическими различіями. Дана придумалъ классификацію такого рода [1]), чтобы для каждаго кристалла найти мѣсто въ серіи 6 или 7 классовъ уже описанныхъ. Если у кристалла всѣ ребра образованы одинаковымъ образомъ или углы замѣщены тремя или шестью подобными плоскостями, то онъ относится къ монометрической системѣ; если же этого нѣтъ, то мы смотримъ, каково число подобныхъ плоскостей на оконечности кристалла, три или какое нибудь кратное отъ трехъ, и если такъ, то кристаллъ шестиугольной системы; и такъ мы продолжаемъ и дальнѣйшія различенія. Фонъ Кобелль для опредѣленія минераловъ при помощи паяльной трубки придумалъ классификацію болѣе или менѣе основанную на раздвоющемся методѣ. Минералы распредѣлены по тому, имѣютъ ли они металлическій блескъ или нѣтъ, плавятся ли они или не плавятся, даютъ ли на углѣ металлическій шарикъ или нѣтъ и т. д.

Самымъ лучшимъ примѣромъ классификаціи придуманной единственно съ цѣлью діагноза можетъ служить Analitical Key to the Natural Orders and Anomalous Genera of the British Flora Д. Бентама, находящійся въ его Handbook of the British Flora (изд. 1866, p. LXIII). Въ этой схемѣ большое семейство сложноцвѣтныхъ вмѣстѣ съ близкимъ ему родомъ Iasione впервые отдѣлены отъ всѣхъ другихъ цвѣтковыхъ растеній на основаніи сложнаго характера ихъ цвѣтковъ. Остальныя растенія подраздѣлены смотря по тому, имѣютъ ли они двойной или простой околоцвѣтникъ. Такъ какъ до сихъ поръ неизвѣстно никакихъ растеній, у которыхъ околоцвѣтникъ состоялъ бы изъ трехъ или болѣе отдѣльныхъ колецъ, то это дѣленіе практически тоже что дѣленіе на двойной или не-двойной околоцвѣтникъ. Цвѣты съ двойнымъ околоцвѣтникомъ раздѣляются далѣе, смотря по тому, состоитъ ли вѣнчикъ или нѣтъ изъ одной только части, свободна ли завязь или не свободна, простая ли она или непростая, правильный ли вѣнчикъ или неправильный и т. д. Если разсмотрѣть это распредѣленіе, то оказывается, что въ немъ часто встрѣчаются числовыя различенія и критеріемъ служатъ числа пестиковъ, тычинокъ, коробочекъ или другихъ частей; но въ этихъ случаяхъ, какъ уже объяснено выше, было бы скучно раздвоющееся раздѣленіе.

---

[1]) Дана, Mineralogy, v. I. p. 23.

Линнею вѣроятно хорошо были извѣстны свойства и употребленіе діагностической классификаціи, которую онъ описываетъ подъ именемъ Синопсиса, говоря: «синопсисъ даетъ произвольныя дѣленія, болѣе или менѣе длинныя или короткія, большія или меньшія, вообще не признаваемыя ботаниками. Синопсисъ есть произвольная раздвоющаяся классификація, которая служитъ путемъ приводящимъ къ ботаникѣ, но границъ не опредѣляетъ» [1]).

Правила и таблицы имѣющія цѣлью облегчать открытіе веществъ при качественномъ анализѣ обыкновенно составляются по раздвоющемуся методу и представляютъ прекрасный примѣръ діагностической классификаціи, при которой качества веществъ имѣющія большое значеніе при анализѣ оказываются большею частью просто отличительными свойствами имѣющими мало значенія въ другихъ отношеніяхъ. Химикъ для открытія калія не возстановляетъ его въ металлическомъ видѣ съ тѣмъ, чтобы потомъ изслѣдовать, есть ли въ немъ существенныя свойства принадлежащія калію; а изъ всего числа соединеній его беретъ одну соль, именно соединеніе хлористой платины и хлористаго калія, которая имѣетъ характерный видъ, такъ какъ она сравнительно нерастворима и даетъ желтый, сильно кристаллическій осадокъ. Поэтому если отъ прибавленія къ раствору хлористой платины получается такой осадокъ, то это значитъ, что въ растворѣ есть калій. Пурпуровый или фіолетовый цвѣтъ, который соли калія сообщаютъ пламени, долго служилъ средствомъ для открытія этого металла. Нѣкоторые другіе элементы также легко открывались по окрашиванію сообщаемому ими пламени; такъ барій давалъ блѣдное желтовато зеленое окрашиваніе, а соли стронція ярко красное. При спектроскопическомъ анализѣ окрашенный свѣтъ испускаемый раскаленнымъ паромъ служитъ самымъ характеристическимъ признакомъ элементовъ содержащихся въ парѣ.

Діагнозъ тожественнъ съ процессомъ, который старые логики называли abscissio infiniti, отрѣзываніемъ неопредѣленной, безконечной или отрицательной части рода, когда мы открываемъ посредствомъ наблюденія, что предметъ имѣетъ характеристическое отличие. На каждомъ шагу при раздвоющемся дѣленіи нѣкоторые предметы имѣющіе отличие входятъ въ утвердительную часть или видъ; всѣ же остальные предметы въ мірѣ входятъ въ отрицательную часть, которая безконечна по объему. Діагнозъ и состоитъ въ послѣдовательномъ устраненіи отъ дальнѣйшаго разсмотрѣнія тѣхъ безконечныхъ классовъ, съ которыми изслѣдуемый экземпляръ не имѣетъ ничего общаго.

---

[1]) Philosophia Botanica (1770), § 154, p. 98.

Классификаціи-указатели.

Мы можемъ отнести къ классификаціямъ и всѣ тѣ распредѣленія предметовъ или названій, которыя дѣлаются для сбереженія труда при отысканіи какого-нибудь предмета. Всѣ алфавитные указатели суть настоящія классификаціи. Но всякое такое расположеніе бываетъ полезно только тогда, когда оно указываетъ на какое нибудь соотношеніе между свойствами, такъ что зная одно, мы узнаемъ и другое. Если мы распредѣляемъ письма по разнымъ отдѣленіямъ бумажника, то устанавливаемъ соотношеніе, потому что въ первое отдѣленіе мы помѣщаемъ письма написанныя лицами, фамиліи которыхъ начиваются напр. съ А и т. д. Поэтому зная начальную букву фамиліи писавшаго, мы знаемъ уже и мѣсто письма, и трудъ отысканія уменьшается такимъ образомъ на столько, сколько есть буквъ въ азбукѣ, противъ того, сколько бы его потребовалось безъ такого расположенія.

Цѣль каталоговъ также состоитъ въ томъ, чтобы найти мѣсто, въ которомъ находится предметъ; но искуство каталогизаціи связано съ логическими соображеніями имѣющими нѣкоторую важность. Намъ нужно установить соотношеніе между мѣстомъ предмета и какимъ нибудь обстоятельствомъ относительно этого предмета, которое бы легко наводило насъ на предметъ; и нужно брать поэтому такое обстоятельство, которое бы легко удерживалось въ памяти ищущаго. Стихотворное произведеніе лучше всего запоминается по первому стиху его, а имя автора есть затѣмъ самое опредѣленное обстоятельство; поэтому каталогъ стихотвореній можно было бы расположить въ алфавитномъ порядкѣ по первому слову стихотворенія или имени автора или лучше по тому и другому. Невозможно было бы расположить поэмы по ихъ предметамъ, которые оказываются столь неопредѣленными и перепутанными при всякой попыткѣ такого расположенія.

Вопросъ о наилучшемъ способѣ каталогизаціи книгъ, при которомъ легче было бы найти въ библіотекѣ требуемую книгу, имѣетъ и нѣкоторую литературную важность. Книги можно расположить многими различными способами, по предметамъ, по языкамъ, по времени или мѣсту изданія, по величинѣ, по начальнымъ буквамъ текста или заглавія, или заглавныхъ указаній помѣщавшихся нѣкогда въ концѣ книгъ или имени автора, издателя или типографщика;

затѣмъ по характеру шрифта и т. д. Каждый изъ этихъ способовъ распредѣленія можетъ быть полезенъ, потому что иногда можно припомнить одно обстоятельство относительно книги, когда всѣ другія забылись; но такъ какъ мы обыкновенно не можемъ позволить себѣ роскоши имѣть болѣе двухъ или трехъ указателей, то мы должны выбрать такія обстоятельства, которыя чаще могли бы приводить къ отысканію книги. Многіе изъ указанныхъ критеріевъ очевидно непримѣнимы на дѣлѣ.

Языкъ, на которомъ написана книга, есть довольно опредѣленное обстоятельство, если только она вся написана на одномъ и томъ же языкѣ; но очевидно, что языкъ не даетъ возможности для подраздѣленія и распредѣленія литературы одного какого нибудь народа. Классификація по предметамъ была бы крайне полезна, если бы только она была практична; но опытъ показываетъ, что она есть логическій абсурдъ. Чрезвычайно трудное дѣло классифицировать науки, такъ какъ отношенія между ними слишкомъ сложны. Но съ книгами осложненія несравненно больше, такъ какъ одна и таже книга можетъ относиться къ различнымъ наукамъ или можетъ заниматься проблемами касающимися многихъ отраслей знанія. Полный трактатъ о паровыхъ машинахъ могъ бы быть отнесенъ къ антикварному отдѣлу, такъ какъ онъ говоритъ о самыхъ раннихъ усиліяхъ и попыткахъ придумать такія машины; къ чисто научному, какъ какъ въ немъ содержатся принципы термодинамики; къ техническому, такъ какъ онъ говоритъ о механическихъ способахъ примѣненія этихъ принциповъ; къ экономическому, если бы онъ касался промышленныхъ результатовъ изобрѣтенія машинъ; и къ біографическому, если бы въ немъ содержались жизнеописанія изобрѣтателей. Исторія Вестминстерскаго аббатства могла бы относиться къ исторіи архитектуры, къ исторіи церкви, или къ исторіи Англіи. Если мы откажемся отъ попытки сдѣлать распредѣленіе согласное съ естественной классификаціей наукъ и сдѣлаемъ большія практическія группы, то насъ будутъ затруднять промежуточные случаи, и относительно подробностей мнѣнія могутъ расходиться до безконечности. Если для избѣжанія затрудненій съ Вестминстерскимъ аббатствомъ, мы сдѣлаемъ классъ книгъ посвященныхъ исторіи зданій, то возникнетъ вопросъ, относится ли къ зданіямъ доисторическія грубыя постройки изъ необдѣланныхъ камней (stonehenge, кромлехи, валы) и монолиты. Мы тоже колебались бы отнести къ зданіямъ маяки, памятники, мосты и проч. Относительно литературныхъ произведеній строгая классификація еще менѣе возможна. Одно и тоже сочиненіе можетъ относиться къ поэзіи, біографіи, исторіи, философіи, и если бы мы сдѣлали большой классъ беллетристики (belles-lettres), то никто не могъ бы сказать точно, что должно быть отнесепо къ этому классу.

Мой собственный опытъ вполнѣ подтверждаетъ мнѣніе Де Моргана, что классификація по именамъ авторовъ одна только имѣетъ практическія удобства для большой библіотеки и этотъ методъ съ удивительнымъ искуствомъ примѣненъ въ большомъ каталогѣ Британскаго музея. Имя автора есть самое точное обстоятельство относительно книги и оно обыкновенно удерживается въ памяти. Оно представляетъ лучшій характеристическій признакъ книги, чѣмъ что либо другое. Въ алфавитномъ распредѣленіи мы имѣемъ исчерпывающую классификацію, дающую мѣсто всякому имени. Поэтому слѣдующія замѣчанія Де Моргана кажутся мнѣ совершенно вѣрными. «Вслѣдствіе частаго, почти ежедневнаго употребленія каталоговъ въ теченіи многихъ лѣтъ я вполнѣ убѣдился, что классифицированнымъ каталогомъ пользоваться гораздо труднѣе, чѣмъ составить его. Подраздѣленіе знаній есть теорія придумываемая кѣмъ нибудь однимъ, и всѣ шансы противъ того, чтобы она была вполнѣ пригодна для кого нибудь другаго. Если всѣ сомнительныя сочиненія могутъ быть подведены подъ нѣсколько различныхъ категорій, то граница сомнительнаго отдѣла сама будетъ сомнительною. Послѣ классифицированнаго каталога я всегда приступалъ къ алфавитному съ чувствомъ облегченія и увѣренности. Съ послѣдняго рода каталогомъ я могъ, употребивши надлежащій трудъ, добиться отъ библіотеки всего, что она можетъ дать; между тѣмъ какъ съ перваго рода каталогомъ я не могъ быть увѣренъ, что я сдѣлалъ все нужное, до тѣхъ поръ пока не составилъ столько различныхъ каталоговъ, сколько есть разныхъ отдѣловъ съ отдѣльными хлопотами для каждаго. Тѣ, кому знакомы библіографическія розысканія, знаютъ, что они гораздо чаще ищутъ авторовъ чѣмъ предметы; они знаютъ также, что при исканіи предметовъ они никогда не могли навѣрное угадать взгляда другаго лица, какъ бы онъ ни былъ хорошъ, на предѣлы искомаго предмета относительно ихъ собственныхъ частныхъ цѣлей ¹)».

Однако часто бываетъ желательно при именномъ каталогѣ имѣть второстепенный предметный каталогъ; но въ этомъ случаѣ не слѣдуетъ пытаться составить даже теоретически полную классификацію. Каждый главный предметъ трактуемый въ книгѣ долженъ войти отдѣльно въ алфавитный списокъ подъ названіемъ, которое всего вѣроятнѣе можетъ придти въ голову ищущему или подъ нѣсколькими названіями. Этотъ методъ отчасти принятъ въ Bibliotheca Britannica Уатса; но самымъ лучшимъ образомъ онъ примѣ-

---

¹) Phil. Mag., 3 ser. (1845), v. XXVI, p. 522. См. также показанія Де Моргана въ королевской комиссіи Британскаго музея въ 1849, докладъ (1850). Эти показанія долженъ изучить каждый, кто желаетъ понять элементы библіографіи.

ненъ въ удивительномъ предметномъ указателѣ къ British Catalogue of Books и также хорошо въ Catalogue of the Manchester Free Library въ Кемпфильдѣ, составленномъ подъ руководствомъ Крестадоро. Этотъ послѣдній представляетъ совершеннѣйшій образецъ печатнаго каталога, какой только мнѣ приходилось видѣть. Каталогъ лондонской библіотеки также составленъ въ надлежащей формѣ и имѣетъ полезный предметный указатель, хотя слишкомъ сжатый и сокращенный. Публичный каталогъ Британскаго музея составленъ по возможности въ алфавитномъ порядкѣ именъ авторовъ; а при писаніи заглавій для этого каталога было сдѣлано одновременно механическимъ способомъ нѣсколько копій ихъ, такъ что каталогъ по порядку книгъ въ шкафахъ и другой по первымъ словамъ заглавнаго листка были составлены просто посредствомъ расположенія въ другомъ порядкѣ запасныхъ копій. Въ English Cyclopaedia (v. V, p. 233) высказана мысль, что 20 копій заглавій легко могутъ быть утилизированы для составленія добавочныхъ каталоговъ, расположенныхъ по мѣсту изданія, по языку книги, по общей сущности предмета и т. д. Была высказана еще одна прекрасная мысль, чтобы при каждой печатающейся книгѣ былъ отрѣзной листокъ, на которомъ было бы напечатано разъ шесть заглавіе книги въ такой формѣ, чтобы его удобно было потомъ вставить въ каталогъ. Каждый владѣлецъ библіотеки могъ бы тогда легко составить печатный каталогъ ея, просто вырѣзывая изъ листка заглавія и наклеивая ихъ на листы каталога въ какомъ угодно порядкѣ, нужномъ для его цѣлей.

Не излишне будетъ указать здѣсь на то огромное сбереженіе труда, или, что тоже, на увеличеніе примѣненія знаній, какъ литературнаго, такъ и научнаго, которое происходитъ вслѣдствіе составленія надлежащихъ указателей. «Государственныя бумаги» (State Papers), содержащія всю исторію англійской націи оставались на практикѣ запечатанной книгой для литературныхъ изслѣдователей, пока правительство не приняло на себя трудъ составить хронологическое распредѣленіе ихъ и указатели къ нимъ. Каталогъ Британскаго музея есть другое національное дѣло, важность котораго для успѣховъ знанія не можетъ быть достаточно оцѣнена. Королевское общество (англійское) оказываетъ большую услугу наукѣ своимъ изданіемъ полнаго каталога мемуаровъ по физическимъ наукамъ.

Классификація въ біологическихъ наукахъ.

Великія обобщенія сдѣланныя въ сочиненіяхъ Г. Спенсера и Ч. Дарвина пролили много свѣта на другія науки и устранили многія трудности, съ которыми прежде боролись логики. Классификація уже давно изучалась почти исключительно въ примѣненіи къ распредѣленію животныхъ и растеній. Систематическая ботаника и зоологія обыкновенно считались классификаторными науками и ученые повидимому думали, что методы классификаціи годные для живыхъ существъ должны быть самыми лучшими и для всѣхъ другихъ классовъ предметовъ. Нѣкоторые минералоги, въ особенности Мосъ, пытались распредѣлять минералы на роды и виды совершенно такъ, какъ будто бы это были животныя способныя воспроизводить свой родъ съ измѣненіями Это смѣшиваніе идей родства между живыми формами и логическаго родства между вещами было обыкновеннымъ дѣломъ въ древнія времена, какъ это видно по этимологіи словъ. Мы обыкновенно говоримъ о *родѣ* вещей, разумѣя *классъ* вещей, и родъ состоитъ изъ тѣхъ вещей, которыя родственны. Когда Сократу и его послѣдователямъ нужно было слово для названія класса разсматриваемаго съ философской точки зрѣнія, то они обратились къ аналогіи родства и назвали его *родъ* (γένος) отъ корня γεν выражающаго понятіе рожденія, происхожденія.

Пока существовало мнѣніе, что каждый видъ растеній или животныхъ произошелъ вслѣдствіе особаго акта творенія, не было никакого основанія думать, что методы классификаціи годные для нихъ не могутъ служить руководствомъ и для другихъ предметовъ вообще. Но когда мы признали, что родство между видами наслѣдственно по своему происхожденію, тогда для насъ становится яснымъ, что систематическая зоологія и ботаника имѣютъ свой собственный спеціальный характеръ. Нѣтъ основанія предполагать, чтобы тотъ же родъ естественной классификаціи, который оказывается наилучшимъ въ біологіи, могъ бы примѣняться также въ минералогіи, химіи или въ астрономіи. Логическіе принципы лежащіе въ основаніи всякой классификаціи конечно одинаковы какъ въ естественной исторіи, такъ и въ наукахъ о неорганической матеріи; но не можетъ быть, чтобы между различными родами кристалловъ или минеральныхъ тѣлъ существовали спеціальныя сходства возникающія вслѣдствіе отношеній родства или происхожденія.

Генеалогическій взглядъ на отношенія между животными и растеніями разрушаетъ всѣ понятія о правильномъ прогрессированіи живыхъ формъ и всякую другую теорію на счетъ ихъ симметрическихъ отношеній. Одно время поднятъ былъ вопросъ, приведетъ ли послѣдняя схема естественной классификаціи къ распредѣленію по прямой линіи или по кругу или по комбинаціи круговъ. Нѣкогда знаменитая система Маклея была круговою, и каждый классъ-кругъ состоялъ изъ пяти порядковъ-круговъ, изъ которыхъ каждый опять состоялъ изъ пяти семействъ-круговъ и т. д., такъ что на каждой ступени дѣлалось подраздѣленіе на пять меньшихъ круговъ. Маклей считалъ, что въ животномъ царствѣ есть пять подцарствъ—позвоночныя, членистыя, лучистыя, жгучія и моллюски. Каждое изъ нихъ опять подраздѣлялось на 5 частей, напр. позвоночныя на млекопитающихъ, пресмыкающихся, рыбъ, земноводныхъ и птицъ [1]). Очевидно, что въ такой симметрической системѣ животныя должны были приспособляться къ классамъ, вмѣсто того, чтобы классамъ приспособляться къ животнымъ.

Въ настоящее же время мы видимъ, что окончательная система будетъ имѣть форму обширнаго генеалогическаго дерева, которое можно будетъ представить линіями на плоской поверхности достаточно большой. Строго говоря, это генеалогическое дерево должно представить происхожденіе каждой живой индивидуальной формы или нынѣ живущей или существовавшей прежде. Она должна была бы быть столь же личною и подробною въ обозначеніи родства, какъ родословная таблица англійскикъ королей. Мы не должны предполагать, что какія нибудь двѣ формы совершенно одинаковы; во всякомъ случаѣ они уже различны численно. Поэтому каждый родитель долженъ быть на верху ряда расходящихся линій, представляющихъ поколѣнія его дѣтей. Всякая полная система классификаціи должна считать особей самыми низшими видами. Но такъ какъ въ низшихъ расахъ животныхъ и растеній различія между особями слабы и видимо не важны, между тѣмъ какъ число такихъ особей громадно и превышаетъ всякую возможность разсмотрѣнія каждой, то ученые всегда останавливаются на какомъ нибудь условномъ, но произвольномъ пунктѣ и принимаютъ, что формы до того близкія между собою, что между ними нельзя замѣтить постоянныхъ различій, всѣ относятся къ одному роду. Словомъ, они останавливаютъ свое вниманіе всецѣло на главныхъ чертахъ фамильнаго различія. Въ генеалогическомъ деревѣ, которое они безсознательно стремятся составить, расходящіяся линіи обозначаютъ расы расходящіяся въ признакахъ, и цѣль всѣхъ усилій такъ называемой естественной классификаціи та, чтобы прослѣдить связь по происхожденію между существующими группами растеній или животныхъ.

Очевидно, что наслѣдственное происхожденіе могло въ разныхъ случаяхъ произвести весьма различные результаты относительно классификаціи. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ дифференцированіе признаковъ могло быть весьма частымъ, и образчики всѣхъ полученныхъ такимъ образомъ признаковъ могли сохраниться до настоящаго времени. Тогда живущая форма будетъ имѣть, такъ сказать, безчисленное множество родственниковъ въ разныхъ степеняхъ и будетъ громадное число формъ съ тонкими постепенностями въ ихъ сходствахъ.Въ такомъ случаѣ точная и отчетливая классификація почти невозможна, и самое лучшее тогда вовсе не дѣлать попытокъ произвольно раздѣлять формы близко сходныя въ природѣ, но признать, что существуютъ переходныя формы во всякой степени, обозначить если возможно крайнія границы фамильнаго родства и пожалуй выбрать самую обобщенную форму или ту, которая представляетъ наибольшее число близкихъ сходствъ съ другими формами семейства, какъ *типъ* всего семейства.

---

[1]) *Свенсонъ.* Трактатъ о географіи и классификаціи животныхъ въ Cabinet Cyclopaedia, p. 201.

Дарвинъ въ своемъ интересномъ сочиненіи объ орхидныхъ показалъ, что отдѣлъ Malaxeae отличается отъ Epidendreae отсутствіемъ хвостика (caudicula) на pollinia; но такъ какъ нѣкоторыя Malaxeae имѣютъ маленькій хвостикъ, то это дѣленіе рушится въ самомъ существенномъ пунктѣ. «Такое несчастіе, замѣчаетъ онъ, случается со всякимъ натуралистомъ, когда онъ пытается классифицировать сильно развитую или такъ называемую естественную группу, въ которой сравнительно съ другими группами было мало исчезнувшихъ формъ. Для того, чтобы натуралистъ имѣлъ возможность дать точныя и ясныя опредѣленія его дѣленій, должны совершенно изчезнуть цѣлыя ряды промежуточныхъ формъ; если гдѣ нибудь сохранится членъ промежуточнаго ряда, то онъ послужитъ непреодолимымъ препятствіемъ для всякаго совершенно точнаго опредѣленія».

Въ другихъ случаяхъ извѣстное растеніе или животное можетъ быть передавало свою форму отъ поколѣнія къ поколѣнію почти неизмѣненною, или же, что даетъ такой же результатъ, формы уклонявшіяся по признакамъ отъ родоначальнаго типа оказывались неподходящими къ окружающимъ условіямъ и потому погибли. Въ такомъ случаѣ мы найдемъ своеобразную форму стоящую особнякомъ отъ другихъ и отличающуюся многими характеристическими признаками. Случайно намъ могутъ попасться экземпляры расы, которая прежде была очень обыкновенною, но теперь приближается къ вымиранію и можетъ быть служитъ послѣднимъ представителемъ своего рода. Такъ можно объяснить существованіе исключительныхъ формъ, къ числу которыхъ относится напримѣръ Amphioxus. Хвощи сильно затрудняютъ ботаниковъ тѣмъ, что не представляютъ никакого сродства съ другими акрогеновыми растеніями. Это несомнѣнно указываетъ на то, что ихъ генеалогической связи съ другими растеніями нужно искать въ самыхъ отдаленныхъ эпохахъ геологическаго развитія.

Постоянство признаковъ, какъ говоритъ Дарвинъ [1]), главнымъ образомъ цѣнится и ищется натуралистами, т. е. натуралисты желаютъ найти какой нибудь отличительный признакъ семейства или группу признаковъ, по которымъ они могутъ распознать сродство по происхожденію между большою группою живыхъ формъ. По этому большимъ облегченіемъ для ума натуралиста служитъ то, когда ему попадается рѣзко обозначенная группа, каковы напримѣръ діатомовыя, которыя рѣзко отличаются отъ своихъ ближайшихъ сосѣдей, десмидіевыхъ, своимъ кремневымъ остовомъ и отсутствіемъ хлорофила. Но мы уже не должны думать, что когда мы не можемъ открыть постояннаго признака, то вина этого въ нашихъ классифицирующихъ наукахъ. Гдѣ существуютъ переходы признаковъ, тамъ мы должны стараться опредѣлить и констатировать границы и ступени этого перехода. Въ окончательной классификаціи будетъ встрѣчаться недостатокъ строго разграничивающей линіи.

Но съ какою бы тщательностью натуралисты ни составляли своихъ системъ естественной классификаціи, однако отъ времени до времени непремѣнно будутъ попадаться новыя и исключительныя формы животныхъ или растеній и потребуютъ измѣненій въ системѣ. Естественная система, какъ мы видѣли, стремится къ открытію эмпирическихъ законовъ соотношенія; но эти законы, какъ чисто эмпирическіе, часто будутъ оказываться несостоятельными вслѣдствіе болѣе обширныхъ изслѣдованій. Съ теченіемъ времени понятія натуралистовъ сильно расширялись, особенно относительно австралійскихъ животныхъ и растеній, вслѣдствіе открытія неожиданныхъ комбинацій органовъ; и такіе случаи будутъ повторяться въ будущемъ довольно часто. Когда же наконецъ будутъ открыты и тщательно описаны всѣ растительныя формы, тогда систематическая ботаника окажется въ новомъ и болѣе благопріятномъ положеніи, какъ замѣтилъ Альфонсъ Декандоль [1]).

Нужно однако помнить, что хотя генеалогическая классификація растеній или животныхъ безъ сомнѣнія самая поучительная изъ всѣхъ, однако она не самая лучшая для всякихъ цѣлей. Могутъ быть соотношенія между свойствами важныя, положимъ, для медицинскихъ или другихъ практическихъ цѣлей, но несоотвѣтствующія соотношеніямъ происхожденія. Мы должны считать бамбукъ скорѣе деревомъ чѣмъ травой, хотя ботанически онъ трава. Для юридическихъ цѣлей мы съ большимъ удобствомъ можемъ считать кита, тюленя и другихъ китовидныхъ рыбами. Мы можемъ также классифицировать растенія, смотря по тому, принадлежатъ ли они арктическимъ, альпійскимъ, умѣреннымъ, субтропическимъ или тропическимъ странамъ. Есть причины сходства независимо отъ наслѣдственнаго родства, и мы не должны давать исключительнаго предпочтенія ни одному изъ методовъ классификаціи.

---

[1]) Descent of Man, v. I. p. 214; русскій перев. стр. 242 (изд. Черкесова).

[1]) Законы ботанической номенклатуры, стр. 16.

Классификація по типамъ.

Чтобы избѣжать трудностей возникающихъ въ естественной исторіи вслѣдствіе открытія промежуточныхъ формъ, натуралисты прибѣгаютъ къ тому, что они называютъ классификаціей по типамъ. Вмѣсто составленія одного рѣзкаго класса, опредѣляемаго непремѣннымъ обладаніемъ извѣстными указанными свойствами и строгаго включенія или исключенія изъ него предметовъ смотря по тому, обладаютъ ли они или нѣтъ всѣми этими свойствами, натуралисты выбираютъ типическій экземпляръ и группируютъ вокругъ него всѣ другіе экземпляры, которые сходны съ этимъ типомъ болѣе чѣмъ, со всякимъ другимъ избраннымъ типомъ. Типомъ каждаго рода по этой классификаціи долженъ быть тотъ видъ, въ которомъ самымъ рѣзкимъ образомъ выражены признаки его группы и наилучшимъ образомъ уравновѣшены. Такими представителями обыкновенно были бы потомки главной формы, которые подвергались небольшому измѣненію, тогда какъ другіе потомки обнаруживали небольшую дифференціацію въ разныхъ направленіяхъ.

Было бы большой ошибкой предполагать, что эта классификація по типамъ есть логически особый методъ. Онъ или вовсе не методъ классификаціи, или же просто сокращенный способъ представленія сложной системы распредѣленія. Классъ долженъ опредѣляться непремѣннымъ присутствіемъ извѣстныхъ свойствъ. Поэтому, если мы включаемъ въ классъ особь, у которой нѣтъ одного изъ этихъ свойствъ, то или впадаемъ въ логическое противорѣчіе или составляемъ новый классъ съ новымъ опредѣленіемъ. Даже единственное исключеніе составляетъ собою новый классъ, и называя его исключеніемъ, мы этимъ просто выражаемъ, что этотъ новый классъ близко сходенъ съ тѣмъ, отъ котораго онъ уклоняется въ одномъ или нѣсколькихъ пунктахъ. Такъ въ опредѣленіи естественнаго порядка *розовыхъ* мы находимъ, что въ каждомъ плодникѣ есть одно или два сѣмени, но что въ родѣ spirea бываетъ три или четыре. Это должно значить, или что число сѣмянъ не составляетъ части неизмѣннаго опредѣленія класса, или что spiraea не относятся къ этому классу, хотя имѣютъ близкое сходство съ нимъ. Натуралисты постоянно находятся между двумя рогами дилеммы; если они ограничатъ число признаковъ показанныхъ въ опредѣленіи, такъ что каждая форма отнесенная къ классу обладаетъ всѣми этими признаками, тогда окажется, что въ него войдетъ слишкомъ много формъ; если же опредѣленіе сдѣлать слишкомъ тѣснымъ, тогда образуются такъ называемые аномальные роды, которые, если ихъ причислить къ классу, не во всѣхъ отношеніяхъ согласуются съ его опредѣленіемъ. Поэтому принято давать опредѣленіямъ естественныхъ порядковъ значительную широту. Семейство крестоцвѣтныхъ напр. представляетъ очень рѣзко выраженный естественный порядокъ и въ числѣ признаковъ его указывается тотъ, что плодъ есть стручокъ, который раздѣленъ тонкой перегородкой на два гнѣзда и створки котораго вообще раскрываются при зрѣлости; но въ то же время намъ говорятъ, что у нѣкоторыхъ родовъ стручокъ одногнѣздый или не раскрывающійся, или распадается поперечно на нѣсколько колѣнецъ ²). А это значитъ, или что образованіе стручка не есть существенный пунктъ въ опредѣленіи семейства или что есть нѣсколько близко сходныхъ семействъ.

Тоже самое нужно сказать и о типической классификаціи. Самый типъ есть особь, а не классъ и никакой другой предметъ не можетъ быть вполнѣ сходенъ съ типомъ. Но какъ только мы отвлекаемъ индивидуальныя особенности типа и этимъ выдѣляемъ извѣстное число качествъ, въ которыхъ другіе предметы могутъ быть сходны съ типомъ, то сейчасъ же составляется классъ. Если нѣкоторые предметы сходны съ типомъ въ однихъ пунктахъ, а другіе въ другихъ, тогда каждый опредѣленный рядъ пунктовъ сходства составляетъ по содержанію отдѣльный классъ. Самое понятіе о классификаціи по типамъ ошибочно съ логической точки зрѣнія. Натуралистъ постоянно стремится составлять опредѣленныя группы живыхъ формъ, между тѣмъ какъ эти формы во многихъ случаяхъ не допускаютъ такихъ строгихъ разграничивающихъ линій. И такимъ образомъ въ логическій методъ незамѣтно прокрадывается нѣкоторая распущенность, единственнымъ средствомъ противъ которой можетъ быть только откровенное признаніе того факта, что по теоріи наслѣдственнаго происхожденія постепенный переходъ между признаками есть вѣроятно правило, а точное разграниченіе между группами исключеніе.

Естественные роды и виды.

Однимъ изъ важнѣйшихъ результатовъ теоріи эволюціи было то, что она разрушила всѣ понятія о естественныхъ группахъ происшедшихъ будто бы вслѣдствіе отдѣльныхъ актовъ творенія. Натуралисты долгое время думали, что каждое растеніе относится къ какому нибудь виду характеризующемуся постоянными признаками, которые не измѣняются отъ различныхъ вліяній

---

[1] Бентамъ, Handbook of the British Flora, 1866, p. 25.

почвы, климата, скрещиванія и другихъ обстоятельствъ. Они не могли отрицать существованія такихъ вещей какъ подъ-видъ, разновидность и гибридъ, такъ что иногда даже самый видъ подраздѣлялся и классифицировался. Но въ этомъ случаѣ различія, на которыхъ основывалось такое подраздѣленіе, считались измѣняющимися и поэтому отличными отъ неизмѣнныхъ признаковъ сообщенныхъ виду при его твореніи. Подобнымъ же образомъ естественный родъ былъ группою видовъ и отличался отъ другихъ родовъ вѣчными признаками еще большей важности.

Но въ настоящее время мы знаемъ, что существованіе всякой такой группы, какъ родъ или видъ, есть произвольная выдумка натуралистовъ. Всѣ сходства между растеніями естественны постольку, поскольку они выражаютъ наслѣдственное родство; но это примѣняется какъ къ измѣненіямъ внутри вида, такъ къ самому виду и къ большимъ группамъ. Во всѣхъ ихъ вопросъ заключается въ степени. Глубокія различія между растеніями были произведены дифференцирующимъ дѣйствіемъ обстоятельствъ въ теченіи милліоновъ лѣтъ, такъ что конечно тоже нужны милліоны лѣтъ для того, чтобы передѣлать этотъ результатъ и доказать опытно, что формы снова могутъ сближаться. Подвиды иногда возникали въ теченіи историческаго времени, а разновидности приближающіяся къ подвидамъ иногда были производимы садоводами въ теченіе немногихъ лѣтъ. Такія разновидности легко могутъ быть возвращены къ ихъ первоначальнымъ формамъ, или если ихъ поставить въ первоначальныя обстоятельства, то они сами возвратятся къ этимъ формамъ; по взгляду Дарвина всѣ формы способны къ безграничному возвращенію, если предположить подходящія обстоятельства и достаточное время.

Дѣлалось много безплодныхъ попытокъ установить строгій критерій специфическаго и родоваго различія, такъ чтобы эти классы могли имѣть опредѣленное значеніе и мѣсто во всѣхъ отрасляхъ біологіи. Линней держался того взгляда, что видъ есть особое созданіе и говоритъ: «мы считаемъ столько видовъ, сколько различныхъ формъ было создано въ началѣ», или еще: «видовъ столько, сколько различныхъ формъ произвело въ началѣ безконечное Существо; эти формы по врожденнымъ законамъ размноженія произвели многія, но всегда подобныя себѣ формы». О родахъ онъ говоритъ: «всякій родъ есть нѣчто естественное въ самомъ началѣ созданное таковымъ» ¹). Съ этой доктриной отдѣльнаго созданія соединялась и составляла существенную часть ея та мысль, что виды не могутъ давать промежуточныхъ и измѣняющихся формъ; но Линней вслѣдствіе несомнѣннаго существованія гибридовъ принужденъ былъ при-

---

¹) Philosophia Botanica, 1770, § 157. 159. p. 99. 100.

нять противуположный взглядъ, и въ другомъ сочиненіи онъ уже говоритъ: «что вслѣдствіе скрещиванія между различными видами могутъ происходить въ растительномъ царствѣ новые виды и даже роды—это съ перваго взгляда представляется парадоксальнымъ; между тѣмъ наблюденія показываютъ, что это дѣйствительно бываетъ» [1]). Если даже и предположить, что понятіе о нѣсколькихъ отдѣльныхъ творческихъ актахъ вѣрно, то всетаки оно нисколько не помогаетъ намъ въ теоріи классификаціи. Натуралисты никогда не указывали какого нибудь метода для рѣшенія того, что именно считать результатомъ отдѣльнаго творенія, а что результатомъ измѣненія. Какъ говорилъ Дарвинъ, «опредѣленіе не должно заключать въ себѣ элемента, который не можетъ быть узнанъ, каковъ напр. актъ творенія» [2]). И дѣйствительно изслѣдованіе формъ и классификаціи должны были бы показать намъ, что отдѣльныя творенія и что нѣтъ; это знаніе должно быть результатомъ, а не средствомъ классификаціи.

Агассицъ думалъ, что онъ открылъ важный принципъ состоящій въ томъ, что общій планъ или структура есть настоящее основаніе для различенія большихъ классовъ животныхъ, которые могутъ быть названы вѣтвями животнаго царства [3]). Онъ также думалъ, что роды суть опредѣленныя и естественныя группы животныхъ, различающіяся между собою не формою и не сложностью структуры, а просто только дальнѣйшими структурными особенностями нѣкоторыхъ ихъ частей; и это есть, по моему мнѣнію, самое лучшее опредѣленіе видовъ, какое только можно сдѣлать». Но вѣдь очевидно, что есть безконечныя степени какъ структурныхъ особенностей, такъ и осложненія структуры. Нѣтъ никакой возможности опредѣлить то количество структурныхъ особенностей, которое составляетъ родъ, насколько онъ отличенъ отъ вида.

Форма, какую стремится принять всякая классификація, есть форма безграничнаго ряда подчиненныхъ классовъ. Ботаники первоначально ограничивались большею частью небольшимъ числомъ такихъ классовъ. Линней принималъ классъ, порядокъ, родъ, видъ и разновидность, и думалъ даже, что есть нѣчно существенно естественное въ пятеричномъ распредѣленіи группъ [4]).

По мѣрѣ развитія ботаники постепенно были составляемы промежуточныя и дополнительныя группы. По правиламъ ботанической номенклатуры принятымъ международнымъ ботаническимъ конгрессомъ происходившимъ въ Парижѣ въ августѣ 1867 слѣдуетъ признавать не менѣе 21 названія для классовъ, именно царство, отдѣлъ, подъ-отдѣлъ, классъ, подъ-классъ, отрядъ, подъ-отрядъ, порядокъ, подъ-порядокъ, племя, подъ-племя, родъ, подъ-родъ, отдѣленіе, подъ-отдѣленіе, видъ, подъ-видъ, разновидность, подъ-разновидность, разность, подъ-разность. Составители этой схемы допускали, что степень важности, какая придается каждому изъ этихъ дѣленій можетъ измѣняться въ значительной мѣрѣ смотря по личнымъ мнѣніямъ. Единственный пунктъ, относительно котораго ботаники не допускаютъ никакого личнаго произвола,—это порядокъ послѣдовательныхъ подраздѣленій; обратный порядокъ не дозволяется, напр. раздѣленіе рода на племена, или племени на порядки. Но нѣтъ основанія думать, что приведенный списокъ полонъ и что его нельзя расширить. Ботаническій конгресъ самъ призналъ различіе между разностями смотря по тому, представляютъ ли они чистое потомство, помѣси или игру природы. Усложненіе низшихъ классовъ еще увеличивается вслѣдствіе существованія *ублюдковъ*, происходящихъ отъ оплодотворенія одного вида другимъ, который считается особымъ видомъ, равно какъ мы не можемъ положить никакого предѣла тѣмъ мелкимъ отличіямъ, которыя могутъ существовать между колѣнами извѣстной фактической родословной особей.

---

[1]) Amoenitates Academicae (1744), v. I. p. 70. Цитировано въ Edinburgh Review, Octob. 1868. v. CXXVIII. p. 416—17.

[2]) Descent of Man, v. I. p. 228.

[3]) Агассицъ, Essay on Classification, p. 219

[4]) Philosophia Botanica, § 155, p. 98.

Читатель конечно увидитъ, что замѣчанія сдѣланныя о классификаціи въ примѣненіи ея къ естественнымъ наукамъ въ этомъ и предшествующихъ параграфахъ не имѣютъ претензіи разъяснить этотъ предметъ такъ, какъ онъ того заслуживаетъ по своей важности и обширности. Цѣлаго тома было бы недостаточно для того, чтобы прослѣдить принципы научнаго метода, въ особенности въ примѣненіи къ этимъ отраслямъ науки. Если бы я и могъ сказать еще что нибудь объ этомъ предметѣ, то только подробно разсмотрѣвши такіе предметы, какъ научная номенклатура, терминологія и описательное представленіе. Здѣсь же я желалъ показать съ отрицательной точки зрѣнія, что естественная классификація въ животномъ и растительномъ царствахъ есть спеціальная проблема и что частные методы и трудности связанные съ нею не могутъ быть общими для всѣхъ случаевъ классификаціи, какъ предполагали нѣкоторые естествоиспытатели. Генеалогическія сходства представляютъ только частный случай сходства вообще.

Единственные или исключительные предметы.

Составляя систему классификаціи, мы должны ожидать встрѣтить почти въ каждой отрасли науки единственные или своеобразные предметы, которые стоятъ особнякомъ, имѣя сравнительно немного аналогій съ другими предметами. Они единственны въ своемъ родѣ, такъ что одинъ предметъ составляетъ собою какъ бы особый родъ; ихъ можно назвать также неописываемыми, такъ какъ вслѣдствіе того, что они стоятъ особнякомъ, трудно найти термины, которыми можно было бы характеризовать ихъ свойства. Кольца Сатурна напр. составляютъ единственный предметъ между небесными тѣлами. Но мы уже разсмотрѣли этотъ и много другихъ примѣровъ единственныхъ предметовъ въ предшествующей главѣ объ исключительныхъ явленіяхъ. Кажущіяся, единичныя и уклоняющіяся исключенія аналогичны съ единственными предметами.

Въ классификаціи элементовъ углеродъ стоитъ особнякомъ, какъ единственное вещество по своей способности давать соединенія. Онъ считается четырехъатомнымъ элементомъ и повинуется всѣмъ обыкновеннымъ законамъ химическаго соединенія. Однако онъ обнаруживаетъ способность сродства въ такой усиленной степени, что вещества, въ составъ которыхъ онъ входитъ, болѣе многочисленны, чѣмъ всѣ другія соединенія извѣстныя химикамъ. Почти вся масса веществъ называемыхъ органическими содержитъ въ своемъ составѣ углеродъ и вѣроятно каждое изъ нихъ держится атомами углерода, такъ что многіе химики были бы согласны оставить названіе *органической* химіи и замѣнить его названіемъ химіи *углеродистыхъ* соединеній. Прежде думали обыкновенно, что органическія соединенія могутъ образоваться только при дѣйствіи жизненной силы или какой то необъяснимой причины обнаруживающейся въ явленіяхъ жизни; но въ настоящее время найдено, что химики могутъ, взявши элементарные матеріалы, свободный углеродъ, водородъ и кислородъ, соединять ихъ между собою чисто химическими операціями и такимъ образомъ получать самыя сложныя органическія соединенія. И такъ много подобныхъ веществъ было составлено искуственно, что мы можемъ сдѣлать обобщеніе и умозаключить, что наконецъ и всѣ органическія соединенія могутъ быть составлены безъ участія живыхъ организмовъ. Такимъ образомъ рушилось различіе между органическимъ и неорганическимъ царствами; но это еще болѣе усиливаетъ наше удивленіе къ необыкновеннымъ свойствамъ углерода.

При разсмотрѣніи обобщенія мы видѣли примѣненіе закона непрерывности главнымъ образомъ къ физическимъ свойствамъ способнымъ къ математической обработкѣ. Но и классификаторныя науки часто представляютъ прекрасные примѣры этого же важнаго принципа. Многіе предметы и явленія повидимому совершенно исключительны и ненормальны и относительно степени или величины они дѣйствительно могутъ быть названы таковыми; но часто легко бываетъ показать, что они связаны съ промежуточными звеньями обыкновенными случаями. Въ органическихъ царствахъ существуютъ общія основныя черты сходства проходящія через всѣ царства; но нѣкоторыя особенныя дѣйствія и процессы особенно явственны у нѣкоторыхъ семействъ и классовъ. Необыкновенная живучесть особенно рѣзко выражается у коловратокъ и нѣкоторыхъ другихъ микроскопическихъ организмовъ, которыхъ можно высушивать и кипятить, не убивая этимъ въ нихъ жизни. Пресмыкающіяся отличаются способностью окоченѣвать, и они долгое время могутъ оставаться безъ пищи. Птицы напротивъ отличаются неугомонною дѣятельностью и большой мускульной силой. Муравьи также отличаются умомъ и величиною между насѣкомыми, какъ четверорукія и человѣкъ между позвоночными. Между растѣніями бобовыя обнаруживаютъ расположеніе къ нѣкотораго рода сну, свертывая свои листья при наступленіи ночи. Въ родѣ мимозовыхъ, особенно у стыдливой мимозы называемой чувствительнымъ растеніемъ тоже расположеніе усилилось до крайней раздражимости почти похожей на произвольное движеніе. Такая же самая раздражимость вѣроятно свойственна растительнымъ формамъ всякаго рода, но ее конечно особенно легко наблюдать въ такихъ крайнихъ случаяхъ. У ската и торпедо мы находимъ, что органическія ткани могутъ дѣйствовать какъ электрическія баттареи. Можемъ ли мы предполагать, что такія животныя представляютъ совершенно аномальныя исключенія и не вѣрнѣе ли будетъ такое заключеніе, что мы можемъ найти у всѣхъ животныхъ менѣе интенсивныя проявленія электрическаго дѣйствія?

Было показано, что нѣкоторыя чрезвычайныя различія между способами воспроизведенія животныхъ на дѣлѣ гораздо меньше, чѣмъ это кажется съ перваго раза. Низшія животныя повидимому совершенно отличаются отъ высшихъ своею способностью воспроизводить оторванные члены. Есть одинъ видъ краба, у котораго отпадаютъ части клешней, когда онъ сильно испугается; но они скоро выростаютъ снова. Есть множество небольшихъ животныхъ, которыя подобно гидрѣ могутъ быть разрываемы на двѣ части, послѣ чего они продолжаютъ жить и развиваются въ двѣ полныхъ особи. Но ни одно млекопитающее не можетъ воспроизвести ни одного члена, и здѣсь повидимому нѣтъ аналогіи. Но Блюменбахъ высказалъ мысль, что заживаніе ранъ у высшихъ животныхъ дѣйствительно представляетъ собою только въ низшей степени способность воспроизведенія членовъ. Что это вѣрно,—можетъ быть доказано разсмотрѣніемъ множества промежуточныхъ случаевъ, изъ которыхъ каждая соприкасающаяся пара ясно аналогична, такъ что мы постенно переходимъ отъ одной пары къ другой. Кромѣ того Дарвинъ думаетъ, что всякое такое возстановленіе частей тѣсно связано съ тѣмъ постояннымъ перемѣщеніемъ частичекъ, вслѣдствіе котораго каждый организмъ по истеченіи извѣстнаго времени становится совершенно новымъ относительно составляющаго его вещества. Кратко сказать, мы приближаемся къ большому обобщенію, по которому всѣ явленія роста, возстановленія и сохраненія органовъ представляются дѣйствіями одной и той же способности. Еще болѣе поразительно то, что сложный процессъ воспроизведенія у высшихъ животныхъ можетъ быть постепенно прослѣженъ внизъ до болѣе и болѣе простыхъ формъ, пока наконецъ онъ станетъ неотличимъ отъ происхожденія одного растенія изъ почки образовавшейся на вѣтви другаго. Съ точки зрѣнія большаго обобщенія мы можемъ смотрѣть на всѣ способы воспроизведенія органической жизни, какъ на сходныя по своей природѣ и различающіяся только сложностью развитія ¹).

Границы классификаціи.

Наука можетъ расширяться только настолько, насколько простирается способность точной классификаціи. Если мы не можемъ открыть сходствъ и опредѣлить ихъ точнаго характера и величины, то не можемъ имѣть и того обобщеннаго знанія, которое составляетъ науку; мы не можемъ умозаключать отъ случая къ случаю. Классификація есть процессъ противоположный различенію. Если мы ощущаемъ, что два предмета, напр. два сорта вина, различны по вкусу, то одинъ фактъ существованія различія уже препятствуетъ умозаключенію. И дѣйствительно, открытіе различія удерживаетъ насъ отъ ложнаго умозаключенія, потому что гдѣ существуетъ различіе, тамъ невозможно умозаключеніе. Но классификація состоитъ въ открытіи сходствъ всякихъ степеней общности и точномъ опредѣленіи того, да какой степени простираются такія сходства, посредствомъ точнаго указанія пунктовъ, въ которыхъ начинается различіе. Такимъ образомъ она даетъ намъ возможность обобщать и дѣлать умозаключенія тамъ, гдѣ это возможно, и въ тоже время не даетъ намъ заходить слишкомъ далеко. Полная классификація составляетъ полный перечень всего нашего знанія о классифицируемыхъ предметахъ или явленіяхъ и границы точнаго знанія тожественны съ границами классификаціи.

Нельзя предполагать, что всякая группа естественныхъ предметовъ можетъ допускать строгую классификацію. Могутъ быть вещества, которыя измѣняются незамѣтными ступенями, представляя напр. смѣси простыхъ веществъ. Гранитъ есть смѣсь кварца, полеваго шпата и слюды; но едва ли можно найти два образчика его, въ которыхъ была бы одинаковая пропорція этихъ трехъ составныхъ частей, и было бы невозможно дать опредѣленіе отдѣльныхъ ви-

---

¹) Дарвинъ, The Variation of Animals and Plants, v. II. p. 293, 359, 372 etc. цитировано у Педжа, Lectures on Pathology, 1853, p. 152, 164.

довъ гранита, не встрѣтивши при этомъ безконечнаго разнообразія промежуточныхъ видовъ. Единственно вѣрная классификація гранитовъ могла бы основываться на наличной пропорціи между составными частями, и нуженъ былъ бы химическій или микроскопическій анализъ для того, чтобы указать данному образчику его мѣсто въ серіи. Кромѣ того гранитъ представляетъ множество связанныхъ незамѣтными переходами видоизмѣненій зависящихъ отъ различной величины кристалловъ полеваго шпата и слюды. Совершенно такія же замѣчанія можно сдѣлать относительно классификаціи другихъ плутоническихъ породъ, каковы сіенитъ, базальтъ, пемза, лава и др.

Природа луча однороднаго свѣта строго опредѣляется или его мѣстомъ въ спектрѣ или соотвѣтствующею длиною волны, но лучъ смѣшаннаго свѣта не допускаетъ простой классификаціи; каждый изъ безконечно многочисленныхъ лучей непрерывнаго спектра можетъ присутствовать или отсутствовать и притомъ присутствовать съ различною интенсивностью, такъ что мы можемъ классифицировать и опредѣлять смѣшанный цвѣтъ, только опредѣливши интенсивность и длину волны каждаго луча однороднаго свѣта входящаго въ составъ смѣшаннаго. Полный спектроскопическій анализъ и опредѣленіе интенсивности каждой части спектра даваемаго смѣшаннымъ свѣтомъ необходимы для точной его классификаціи. Почти тоже самое можно сказать о сложныхъ звукахъ. Простая звуковая волна, если только можно когда нибудь встрѣтить подобный звукъ, допускаетъ точную и исчерпывающую классификацію относительно высоты, такъ какъ при этомъ могутъ быть достаточнымъ критеріемъ длина волны или число волнъ достигающихъ уха въ секунду. Но почти всѣ обыкновенные звуки, даже звуки музыкальныхъ инструментовъ, состоятъ изъ сложныхъ аггрегатовъ звуковъ различной высоты, и чтобы классифицировать звукъ, мы должны были бы измѣрить силу каждаго изъ составныхъ звуковъ, что отчасти и было сдѣлано Гельмгольцемъ относительно гласныхъ звуковъ. Различный тембръ голоса, отличающій голосъ одного человѣка отъ голоса другаго, также зависитъ отъ примѣси второстепенныхъ волнъ различной высоты, которыя почти недоступны опытному изслѣдованію. Поэтому мы и не можемъ въ настоящее время пытаться классифицировать различные роды или тембры звука.

Трудности классификаціи становятся еще больше, когда измѣняющееся явленіе не можетъ быть разложено на болѣе простыя явленія. Если мы попытаемся классифицировать вкусы, то будемъ въ состояніи только грубо группировать ихъ какъ сладкіе, горькіе, соленые, щелочные, вяжущіе или кислые; но очевидно, что такія группы не имѣютъ рѣзкихъ разграничивающихъ линій. Могутъ существовать почти безконечные вкусы смѣшаннаго или промежуточнаго характера, и еще затруднительнѣе то, что вкусы несомнѣнно относящіеся къ одному классу могутъ болѣе или менѣе отличаться одинъ отъ другого, и однако же мы не можемъ расположить ихъ въ подчиненные роды и виды. Тѣже самыя замѣчанія можно сдѣлать и относительно классификаціи запаховъ, которые можно сгруппировать по Линнею какъ ароматическіе, душистые, амброзіальные, чесночные, зловонные, пронзительные и тошнотворные. Въ каждомъ изъ этихъ неопредѣленныхъ классовъ могутъ быть безчисленные оттѣнки различія и каждый классъ постепенно переходитъ въ другіе классы. Запахи, которые можетъ различать чуткое обоняніе, безконечны; каждая горная порода, камень, растеніе или животное имѣютъ какой нибудь слабый запахъ, и извѣстно, что собаки и даже слѣпые люди могутъ узнавать людей по слабому характерному запаху, который обыкновенно остается незамѣченнымъ.

Подобныя же замѣчанія могутъ быть сдѣланы относительно тѣхъ психическихъ ощущеній, которыя называются чувствованіями. Мы знаемъ, что такое гнѣвъ, печаль, страхъ, ненависть, любовь; и было предложено много системъ для классификаціи этихъ чувствованій. Ихъ можно грубо различать, смотря по тому, пріятны ли они или болѣзненны, относятся ли они къ прошедшему или къ будущему, эгоистичны ли они или симпатичны, дѣятельны ли они или страдательны, и во многихъ другихъ отношеніяхъ; но каждый способъ распредѣленія будетъ неопредѣленъ и неудовлетворителенъ, если его развить въ подробностяхъ. Какъ общее правило, никакое чувствованіе никогда не можетъ быть ни чистымъ гнѣвомъ, ни чистымъ страхомъ, ни вообще какимъ бы то ни было чистымъ чувствованіемъ, но бываетъ неопредѣленнымъ и сложнымъ аггрегатомъ чувствованій. Можетъ быть, что психическое состояніе есть въ дѣйствительности сумма нѣсколькихъ отдѣльныхъ возбужденій, какъ смѣшанный цвѣтъ есть сумма нѣсколькихъ лучей спектра. Можно надѣяться, что въ будущемъ можетъ быть будетъ примѣненъ съ успѣхомъ какой нибудь методъ анализа чувствованій. Но состоянія души на дѣлѣ постепенно переходятъ одно въ другое, такъ что строгая классификація едва ли возможна.

Небольшое размышленіе показываетъ, что есть цѣлые міры существованій, которыя такимъ же образомъ не поддаются логическому анализу и классификаціи. Знакомый можетъ отличить по выраженію лица своего знакомаго среди милліона другихъ знакомыхъ. Вообще лица отличаются безконечнымъ разнообразіемъ, но кто можетъ классифицировать и опредѣлить эти разнообразія или по какой отдѣльной чертѣ онъ судитъ о лицѣ? Есть конечно извѣстные опредѣленные типы лицъ, но каждый типъ связанъ съ каждымъ другимъ типомъ безконечными промежуточными физіономіями. Мы можемъ классифицировать мелодіи по мажорному или минорному тону, по характеру темпа и по нѣкоторымъ другимъ отличительнымъ пунктамъ; но независимо отъ такихъ обстоятельствъ каждая мелодія имѣетъ свой отличительный характеръ и производитъ особенное дѣйствіе на чувство. Мы можемъ находить различія между стилями въ литературѣ, музыкѣ или художественныхъ произведеніяхъ, мы можемъ даже иногда по картинѣ узнать живописца или по симфоніи ея композитора и это на основаніи ощущеній сходства и различія, которыя можно чувствовать, но нельзя описать.

Наконецъ мы видимъ, что человѣческіе характеры представляютъ неистощимое разнообразіе. Каждый человѣкъ болѣе или менѣе похожъ на другихъ; всегда есть основаніе сходства; но также есть еще чувства, стремленія и мотивы отличительные для каждаго. Мы иногда можемъ предсказать общій характеръ чувствъ и дѣйствій, какія будутъ вызваны даннымъ внѣшнимъ событіемъ въ индивидуумѣ хорошо намъ извѣстномъ; но мы знаемъ также, что намъ часто приходится ошибаться въ нашихъ умозаключеніяхъ. Никто не можетъ съ увѣренностью дѣлать общихъ заключеній о тонкихъ колебаніяхъ настроенія и чувствъ, которыя могутъ происходить въ личности даже съ обыкновеннымъ характеромъ. По мѣрѣ прогресса человѣческаго знанія и цивилизаціи эти характеристическія особенности не уменьшаются, а напротивъ стремятся развиваться и умножаться. Характеры становятся болѣе многосторонними. Два образованные англичанина болѣе отличаются другъ отъ друга, чѣмъ два необразованные крестьянина, а эти послѣдніе отличаются болѣе чѣмъ два австралійскіе туземца. Усложненія существующихъ явленій совершаются слишкомъ быстро для того, чтобы научные методы могли справиться съ ними. Несмотря на всѣ способы и средства, которыми гордится наука, мы не можемъ примѣнить научнаго метода къ нашему уму и характерамъ, которые гораздо важнѣе для насъ, чѣмъ всѣ звѣзды и туманности.

КНИГА VI.

ГЛАВА XXXI.

РАЗМЫШЛЕНІЯ О РЕЗУЛЬТАТАХЪ И ГРАНИЦАХЪ НАУЧНАГО МЕТОДА.

Въ заключеніи сочиненія о принципахъ науки не неумѣстно будетъ сдѣлать нѣсколько замѣчаній о границахъ и послѣднихъ основахъ того знанія, которое мы можемъ пріобрѣсти при употребленіи научнаго метода. Всякая наука, какъ уже было говорено нѣсколько разъ, состоитъ въ открытіи тожествъ въ дѣйствіяхъ естественныхъ агентовъ. Цѣпь индуктивнаго изслѣдованія состоитъ въ томъ, чтобы удостовѣриться въ видимомъ существованіи необходимой связи между причинами и дѣйствіями, выражающейся въ формѣ естественныхъ законовъ. Поскольку мы узнаемъ неизмѣнный ходъ природы, постольку убѣждаемся, что будущее есть необходимое слѣдствіе настоящаго и все подчиняется дѣйствію силъ, которымъ ничто не можетъ сопротивляться.

Постепенно было найдено, что химія органическихъ веществъ не совершенно отлична отъ химіи земли и камней, но составляетъ съ нею одно непрерывное цѣлое. Жизнь представляется не больше, какъ только спеціальной формой энергіи, которая обнаруживается также теплотою, электричествомъ и механической силой. Почти навѣрное можно думать, что придетъ время, когда вполнѣ будетъ изслѣдованъ тонкій механизмъ мозга и всякая мысль будетъ сведена на израсходованіе опредѣленнаго вѣса азота и фосфора. Не существуетъ видимаго предѣла для прогресса научнаго метода взвѣшиванія и измѣренія и подведенія подъ дѣйствіе закона явленій какъ матеріи, такъ и души. А если умственныя явленія можно изслѣдовать посредствомъ вѣсовъ и микрометра, то можемъ ли мы по прежнему думать, что душа отлична отъ матеріи? Не слѣдуетъ ли тоже неумолимое царство закона, которое очевидно въ движеніяхъ бездушной матеріи, распространить и на неуловимыя чувства человѣческаго сердца? Нельзя ли считать растенія и животныхъ, а наконецъ и самаго человѣка просто кристаллами, но только болѣе сложной формы? А если это такъ, то наша воля, которою мы гордимся, есть призракъ, нравственная отвѣтственность—фикція, а духъ одно названіе для болѣе любопытныхъ проявленій матеріальной энергіи. Все, что совершается, хорошо ли оно или дурно, пріятно или мучительно, есть только слѣдствіе необходимыхъ отношеній времени, пространства и силы.

По этому кажется, какъ будто матеріализмъ есть религія будущаго и отрицаніе существованія воли есть необходимость. Нельзя сказать, чтобы таковы вообще были размышленія людей науки, но мнѣ кажется, что таковы тайныя опасенія, которыя возбуждаетъ въ умахъ многихъ постоянный прогрессъ научнаго изслѣдованія. Но дѣйствительно ли наука по самой сущности своей имѣетъ атеистическія и матеріалистическія тенденціи? Ужели однообразное дѣйствіе матеріальныхъ причинъ, которое мы узнаемъ съ постоянно возрастающимъ приближеніемъ къ достовѣрности, совершенно исключаетъ гипотезу всеблагаго Творца, который не только предначерталъ существующую вселенную, но и сохраняетъ силу отъ времени до времени измѣнять ходъ ея?

Въ предѣлы настоящаго сочиненія не входятъ теологическія разсужденія. Мы имѣемъ дѣло съ научнымъ методомъ общимъ всѣмъ наукамъ, а не съ какою нибудь отдѣльною наукою. Поэтому теологія также не относится къ нашему предмету, какъ химія или геологія. Но я думаю, что существуютъ важныя недоразумѣнія относительно самой природы научнаго метода. Есть ученые люди, которые утверждаютъ, что Провидѣніе невозможно и молитва безцѣльна, потому что доказано индуктивно, что законы природы неизмѣнны. Отрицательныя заключенія относительно стремленій и надеждъ человѣка выводятся не столько изъ частныхъ наукъ, сколько изъ логической природы самой науки. Но я могу сказать, что мои собственныя занятія логикой поколебали мою увѣренность въ этихъ отрицательныхъ выводахъ. Законы природы суть единообразія, существованіе которыхъ мы наблюдали въ дѣйствіи извѣстныхъ матеріальныхъ агентовъ, но логически невозможно доказать, что и всѣ другіе агенты должны дѣйствовать также какъ эти. Слишкомъ исключительное изученіе отдѣльныхъ отраслей физической науки пораждаетъ излишнюю увѣренность и догматизмъ. Довольный успѣхомъ, съ какимъ нѣсколько группъ подведено подъ дѣйствіе закона, изслѣдователь выводитъ поспѣшное умозаключеніе, что онъ уже близокъ къ послѣднимъ отраслямъ бытія. Найдено, что частичка желатиннаго вещества повинуется обыкновеннымъ законамъ химіи и въ тоже время движется и живетъ. И на одномъ этомъ основаніи требуютъ отъ насъ вѣрить, что химія можетъ разрѣшить тайны жизни.

Значеніе естественнаго закона.

Пиндаръ говоритъ, что законъ есть правитель смертныхъ и безмертныхъ, и обыкновенно предполагаютъ, что такъ называемые законы природы точно также управляютъ человѣкомъ и его Творцомъ. Существуетъ убѣжденіе, что теченіе природы опредѣляется неизмѣнными механическими принципами, которые дѣйствуютъ съ тѣхъ поръ, какъ начался міръ, и будутъ дѣйствовать всегда. Даже тѣ, которые приписываютъ начало всѣхъ вещей разумному творческому Духу, представляютъ, что это Существо отказалось отъ своей произвольной власти и подобно законодателю человѣку подчиняется закону, который онъ самъ же издалъ. Такія понятія я считаю поверхностными и ошибочными, вытекающими по моему мнѣнію изъ ложныхъ взглядовъ на природу научнаго умозаключенія и на степень достовѣрности знанія пріобрѣтаемаго индуктивнымъ изслѣдованіемъ.

Законъ природы, какъ я понимаю значеніе этого выраженія, не есть единообразіе, которому должны повиноваться всѣ предметы, но есть просто единообразіе, которому естественно повинуются только тѣ предметы, которые были подвергнуты нашему наблюденію. Съ логической точки зрѣнія нѣтъ ничего несообразнаго въ той мысли, что могутъ быть открыты такіе предметы, которые окажутся исключеніями изъ какого нибудь закона природы. Едва ли есть другой болѣе прочно установленный законъ, чѣмъ тотъ, который утверждаетъ, что существуетъ неизмѣнное отношеніе между тяжестью и инерціей, такъ что всѣ тяготѣющія тѣла обладаютъ инерціей и всѣ тѣла обладающія энерціей оказываются тяготѣющими. Но нашъ научный методъ не заслуживалъ бы упрека и въ томъ случаѣ, если бы впослѣдствіи было открыто что нибудь обладающее тяготѣніемъ, но безъ инерціи. Строго опредѣляемый и правильно истолковываемый законъ самъ допускаетъ эту возможность; потому что формулируя всякій законъ, мы должны прибавлять къ нему цифру числа примѣровъ, въ которыхъ по наблюденію онъ оказывался вѣрнымъ и затѣмъ вычислять вѣроятность того, что онъ окажется вѣрнымъ и въ слѣдующемъ случаѣ. Но мы видѣли, что никакое конечное число примѣровъ не можетъ дать намъ основанія ожидать съ увѣренностью, что слѣдующій примѣръ будетъ имѣть такую же природу; въ формулахъ даваемыхъ обратнымъ методомъ вѣроятностей единица всегда повидимому выражаетъ вѣроятность того, что наше заключеніе будетъ ошибочно. Я сомнѣваюсь въ томъ чтобы необходимая истина содержалась даже въ такихъ основныхъ законахъ природы, какъ неуничтожаемость матеріи, сохраненіе энергіи или законы движенія. Извѣстно, что люди науки признавали теоретически возможность существованія и другихъ законовъ и даже вычисляли ихъ математическія послѣдствія. Эйри изслѣдовалъ математическія условія вѣчнаго движенія, а Лапласъ и Ньютонъ разбирали воображаемые законы силъ несовмѣстные съ тѣми законами, дѣйствіе которыхъ мы наблюдаемъ во вселенной.

Законы природы, какъ я смотрю на нихъ, суть просто общія положенія относительно соотношенія между свойствами, оказывавшіяся по наблюденію вѣрными относительно всѣхъ тѣлъ, которыя наблюдались до сихъ поръ. Предполагая, что нашъ опытъ достаточно обширенъ и что не происходитъ произвольнаго вмѣшательства, мы можемъ утверждать съ вѣроятностью, всегда однако меньшею чѣмъ достовѣрность, что слѣдующій предметъ такой же природы будетъ повиноваться тѣмъ же законамъ.

Безконечность вселенной.

Мы можемъ безопасно принять какъ удовлетворительную научную гипотезу доктрину, такъ блистательно развитую Лапласомъ, который утверждалъ, что совершенное знаніе вселенной, какъ она существовала во всякій данный моментъ, дало бы намъ и совершенное знаніе того, что случится во всякое время въ будущемъ. Научное умозаключеніе невозможно, если только мы не можемъ смотрѣть на настоящее, какъ на слѣдствіе прошедшаго и какъ на причину будущаго. Для совершеннаго ума нѣтъ ничего недостовѣрнаго. Астрономъ можетъ вычислить положенія небесныхъ тѣлъ, какъ они будутъ черезъ тысячи людскихъ поколѣній, и въ этомъ актѣ, какъ замѣчаетъ Лапласъ, мы можемъ видѣть образчикъ той силы, какой можетъ достигнуть научное предвидѣніе. Кромѣ того несомнѣнно, что всѣ усилія направленныя на изслѣдованіе природы все приближаютъ насъ къ обладанію этою идеально совершенною силою ума. Тѣмъ не менѣе, какъ благоразумно прибавилъ Лапласъ, мы все еще находимся на безконечномъ разстояніи отъ цѣли нашихъ стремленій.

Примемъ на время какъ въ высшей степени вѣроятную гипотезу, что все, что случится, должно быть слѣдствіемъ того, что есть теперь. Тогда возникаетъ вопросъ, а чтоже такое есть теперь? Наше знаніе о томъ, что существуетъ, должно всегда оставаться несовершеннымъ и несостоятельнымъ въ въ двухъ отношеніяхъ. Во 1-хъ мы не знаемъ всей существующей матеріи, ни того, какъ она распредѣлена по пространству. Во 2-хъ, если даже предположить, что мы это знаемъ, то и тогда у насъ всетаки не будетъ совершеннаго знанія о томъ, какимъ образомъ частички матеріи будутъ дѣйствовать другъ на друга. Возможность научнаго предсказанія по большей мѣрѣ простирается до границъ употребленныхъ въ дѣло данныхъ. Каждое заключеніе чисто гипотетично и дѣлается подъ условіемъ невмѣшательства какихъ нибудь прежде неизвѣстныхъ агентовъ. Законъ тяготѣнія утверждаетъ, что всякое тѣло стремится приближаться ко всякому другому тѣлу съ извѣстною опредѣленною силою; но если даже этотъ законъ совершенно вѣренъ, то онъ всетаки не утверждаетъ, что тѣло *будетъ* приближаться. Ни одинъ наконъ природы не можетъ гарантировать насъ настолько, чтобы мы могли сдѣлать абсолютное предсказаніе. Мы должны узнать всѣ законы природы и всѣ агенты существующіе и дѣйствующіе по этимъ законамъ, прежде чѣмъ въ состояніи будемъ сказать, чтó такое должно случиться. Поэтому утверждать, что научный методъ можетъ охватить все своимъ мертвымъ единообразіемъ—значитъ предполагать, что вѣчный творческій умъ не выше человѣческаго ума, и что существующая вселенная не безконечна по протяженію и сложности—предположенія, для которыхъ я не вижу никакого логическаго основанія.

Неопредѣленная задача происхожденія вселенной.

Теперь можетъ быть указано другое и весьма серьезное недоразумѣніе относительно значенія закона природы. Нерѣдко предполагаютъ, что законъ опредѣляетъ характеръ результатовъ, которые получатся, какъ напримѣръ законъ тяготѣнія опредѣляетъ то, что сила тяготѣнія будетъ дѣйствовать на данную частичку. Но небольшое размышленіе должно показать, что законъ самъ по себѣ не опредѣляетъ ничего. Даетъ результатъ не одинъ законъ, *но въ соединеніи съ агентомъ* повинующимся этому закону, и вовсе не дѣло закона опредѣлять число и мѣсто его собственныхъ агентовъ или управлять ими. Будетъ ли частичка матеріи тяготѣть, это зависитъ не только отъ закона Ньютона, но также и отъ распредѣленія окружающихъ частичекъ. Теорія тяготѣнія могла быть вѣрною во всѣ времена и во всѣхъ частяхъ пространства и Творецъ никогда не находилъ случая создавать тѣ возможныя исключенія, которыя можно себѣ представить. Но если это такъ, то наша наука не можетъ опредѣлить вопроса. Несомнѣнно, что не одинъ только законъ опредѣляетъ силы, которыя могутъ быть приведены въ дѣйствіе въ какой нибудь точкѣ пространства. Дѣйствіе силы тяготѣнія на какую нибудь частичку зависитъ отъ массы, разстоянія и относительнаго положенія всѣхъ другихъ частичекъ матеріи въ границахъ пространства въ тотъ моментъ, къ корому относится вопросъ. Если даже предположить, что матерія распредѣленная по пространству во время ея возникновенія дѣйствовала съ тѣхъ поръ неизмѣннымъ образомъ безъ всякихъ вмѣшательствъ, то и въ такомъ случаѣ дѣйствительная конфигурація матеріи въ каждый моментъ и послѣдующіе результаты закона тяготѣнія должны быть дѣломъ произвольнымъ или случайнымъ.

Чельмерсъ очень ясно показалъ, что существующее размѣщеніе матеріальнаго міра столь же важно, какъ и тѣ законы, которымъ повинуются предметы. Онъ замѣтилъ, что нѣкоторые авторы совершенно упускаютъ изъ виду это различіе и забываютъ, что одни законы безъ размѣщеній не даютъ намъ гарантіи противъ запутаннаго и безпорядочнаго хаоса [1]). Милль призналъ вѣрность замѣчаній Чельмерса [2]), но не вывелъ изъ нихъ настоящаго заключенія. О распредѣленіи матеріи въ пространствѣ онъ говоритъ: «Мы не можемъ открыть никакой правильности въ самомъ распредѣленіи, не можемъ свести его на какое-нибудь единообразіе, на какой-нибудь законъ». Позднѣе герцогъ Аргайль въ своемъ извѣстномъ сочиненіи *Царство закона* обратилъ вниманіе на глубокое различіе между законами и размѣщеніями причинъ.

Первоначальная форма матеріальной вселенной, насколько мы можемъ судить, была свободна отъ всякихъ ограниченій. Существовало безпредѣльное пространство, въ которомъ она могла размѣщаться и безграничное число матеріальныхъ частицъ, изъ которыхъ каждая могла быть помѣщена въ одномъ какомъ-нибудь изъ безконечнаго числа различныхъ положеній. Нужно прибавить еще, что каждая частичка могла быть одарена всякимъ изъ безконечнаго числа количествомъ энергіи, дѣйствующей въ одномъ какомъ-нибудь изъ безконечнаго числа различныхъ направленій. Такимъ образомъ задача вселенной была тѣмъ, что математики называютъ *неопредѣленною задачей*, и она была неопредѣленна во многихъ отношеніяхъ. Могло получиться безчисленное множество разнообразныхъ вселенныхъ вслѣдствіе различнаго распредѣленія первоначальной туманной матеріи, хотя бы приэтомъ всѣ частички повиновались закону тяготѣнія.

Лукрецій говоритъ намъ, что въ первоначальномъ дождѣ атомовъ нѣкоторыя изъ этихъ маленькихъ тѣлъ уклонились отъ прямо-линейнаго направленія и, придя въ соприкосновеніе съ другими атомами, дали начало различнымъ существующимъ комбинаціямъ веществъ. Но онъ не сказалъ намъ, откуда взялись атомы и какая сила заставила ихъ уклониться; а въ этомъ и заключается весь вопросъ. Я принимаю воззрѣніе Лукреція на происхожденіе міра, если къ нему сдѣлать надлежащее добавленіе. Каждый атомъ, существовавшій въ какой-нибудь точкѣ пространства, долженъ былъ или уже прежде существовать здѣсь, или быть созданнымъ прежде существовавшею силою. Когда онъ былъ помѣщенъ здѣсь, то долженъ былъ имѣть опредѣленную массу и опредѣленную энергію. Но какъ замѣчено выше, неопредѣленное число атомовъ могло быть помѣщено въ безграничномъ пространствѣ въ безконечномъ числѣ видовъ распредѣленія. Изъ безконечно безконечнаго числа возможныхъ видовъ вселенной Творецъ выбралъ одинъ, именно тотъ, въ какомъ она существуетъ въ настоящее время.

---

[1]) First Bridgewater Treatise (1834), p. 16—24.

[2]) Система логики, кн. III, гл. V, § 7; гл. XVI, § 3.

Было бы однако ошибочно предполагать, что законъ тяготѣнія, если онъ вѣренъ, не составляетъ никакого ограниченія для распредѣленія силы. Этотъ законъ есть геометрическій законъ и во многихъ случаяхъ математически невозможно, насколько мы можемъ понять, чтобы дѣйствіе силы тяжести на одну частичку было слабо, а на другую сосѣднюю съ ней сильно. Мы не можемъ себѣ представить, чтобы даже всемогущее Существо могло сдѣлать такъ, чтобы углы треугольника составили больше двухъ прямыхъ. Первичные законы мышленія и основныя понятія математическихъ наукъ не допускаютъ погрѣшностей или измѣненія. Я не буду вдаваться здѣсь въ метафизическое происхожденіе и значеніе кажущейся необходимости приписываемой такимъ законамъ; да это и не нужно для нашей настоящей цѣли.

Іерархія законовъ природы.

Затѣмъ само собою представляется слѣдующее соображеніе. Законъ природы, какъ напр. законъ тяжести, выражаетъ извѣстное единообразіе въ дѣйствіи агентовъ подчиненныхъ ему и это, какъ мы видѣли, дѣлаетъ нѣкоторыя геометрическія ограниченія для тѣхъ дѣйствій, которыя могутъ быть произведены этими агентами. Но есть другія силы и законы кромѣ тяжести. Одна сила можетъ преодолѣть другую и изъ двухъ законовъ каждый можетъ подчиняться другому и каждый можетъ маскировать дѣйствіе другаго. Во внутреннемъ составѣ матеріи должны быть скрыты причины, которыя, дѣйствуя согласно съ своими собственными постоянными законами, могутъ повести къ внезапнымъ и неожиданнымъ измѣненіямъ. Это по крайней мѣрѣ по временамъ случалось прежде и есть основаніе думать, что тоже можетъ случиться и въ будущемъ. Древнимъ казалось невѣроятнымъ, чтобы безжизненный камень могъ заставить другой камень стремится къ нему. Кусокъ желѣза, повинуясь магнитной силѣ магнита, тѣмъ не менѣе повинуется и закону тяготѣнія. Растеніе тяготѣетъ внизъ каждою составляющею его клѣткою или волокномъ, и однако же постоянно растетъ вверхъ. Жизнь вездѣ есть исключеніе изъ простыхъ явленій минеральныхъ веществъ, но не тѣмъ, что нарушаетъ эти законы, но тѣмъ, что въ ней прибавляются еще другія силы съ новымъ и необъяснимымъ характеромъ. Конечно при дѣйствіи нервной клѣтки не нарушается ни одинъ законъ химіи, а при движеніи мышечнаго волокна ни одинъ законъ физики, но нужно прибавить еще нѣчто къ нашимъ наукамъ, для того, чтобы мы могли объяснить эти тонкія явленія.

Но ни въ наукѣ, ни въ научномъ методѣ нѣтъ ничего такого, что давало бы намъ возможность съ увѣренностью указать границу этой іерархіи законовъ. Если въ нѣкоторыхъ несомнѣнныхъ случаяхъ мы находимъ, что одинъ законъ преодолѣваетъ другой законъ и въ нѣкоторыхъ пунктахъ нашихъ опытовъ производитъ неожиданные результаты, то въ виду этого мы конечно не можемъ утверждать, что мы исчерпали странныя явленія, возможность которыхъ заключалась въ первоначальномъ строеніи матеріи. Вселенная можетъ быть устроена такъ, что въ теченіи долгихъ періодовъ могла сохранить неизмѣннымъ ходъ своего существованія, и однако же отъ времени до времени могли случаться событія съ исключительнымъ характеромъ. Беббеджъ въ своемъ глубокомъ и краснорѣчивомъ сочиненіи, The Ninth Bridgewater Treatiste, показалъ, что теоретически возможно было бы устроить машину изъ металлическихъ колесъ и рычаговъ, которая дѣйствовала бы неизмѣнно по простому закону дѣйствія въ теченіи какого нибудь опредѣленнаго времени, и однако же въ извѣстный моментъ, какъ бы онъ ни былъ далекъ, вдругъ обнаружилось бы нарушеніе закона. Такая машина можетъ напр. считать натуральныя числа до тѣхъ поръ, пока не дойдетъ до числа требующаго для своего выраженія сотни милліоновъ цифръ. «Если бы, говоритъ Беббеджъ, каждая буква въ книгѣ лежащей теперь передъ глазами читателя измѣнилась въ цифру и если бы всѣ цифры содержащіяся въ тысячѣ такихъ томовъ расположить въ рядъ, то онъ былъ бы слишкомъ коротокъ для выраженія обширности индукціи, которую имѣлъ бы наблюдатель въ пользу истины закона естественныхъ чиселъ... Однако машина, вѣрная предуказаніямъ своего строителя, по истеченіи миріадъ вѣковъ исполняетъ свое дѣло и даетъ одно, первое и единственное исключеніе изъ освященнаго временемъ закона. Каковы же были шансы противъ появленія этого исключительнаго случая непосредственно передъ его появленіемъ?»

Какъ показалъ далѣе Беббеджъ, числительная машина послѣ требуемаго числа движеній сообразно съ первымъ закономъ можетъ внезапно подвергнуться измѣненію и затѣмъ начнетъ исчислять уже по совершенно новому закону. Давая въ теченіи конечнаго времени естественныя числа, она можетъ внезапно перемѣниться и начать давать трехъугольныя, квадратныя или кубическія числа, и теоретически можно себѣ представить, что такія измѣненія повторяются время отъ времени. Но если такіе случаи могутъ быть разсчитаны и устроены художникомъ человѣкомъ, то божественный художникъ тѣмъ болѣе могъ устроить подобныя измѣненія закона въ механизмѣ атома или въ устройствѣ неба.

Физическая наука, насколько можно довѣрять ея высшимъ умозрѣніямъ, даетъ намъ нѣкоторыя указанія на измѣненіе закона въ прошедшей исторіи вселенной. По выводамъ Томсона изъ теоріи теплоты Фурье мы можемъ прослѣдить разсѣяніе теплоты посредствомъ проводимости и лучеиспусканія до того безконечно далекаго времени, когда всѣ вещи будутъ одинаково холодны. Но мы не можемъ подобнымъ же образомъ прослѣдить исторію теплоты во вселенной до безконечнаго разстоянія въ прошедшемъ. Для извѣстной отрицательной величины времени формулы даютъ невозможныя величины, указывающія, что было нѣкоторое начальное распредѣленіе, которое по извѣстнымъ законамъ природы [1]) не могло произойти отъ какого нибудь предшествующаго распредѣленія. Есть другіе случаи, въ которыхъ разсмотрѣніе разсѣянія энергіи приводитъ насъ къ мысли, что настоящій порядокъ вещей не имѣетъ безконечной древности [2]). Конечно, человѣческая наука погрѣшима и впослѣдствіи можетъ быть найденъ какой нибудь недосмотръ или ошибочное упрощеніе въ этихъ теоретическихъ вычисленіяхъ; но такъ какъ настоящее состояніе научнаго знанія есть единственное основаніе, на которомъ основываются ошибочныя умозаключенія о единообразіи природы и предполагаемомъ царствѣ знкона, то и я имѣю право аппелировать къ настоящему состоянію науки для опроверженія этихъ умозаключеній. Теорія теплоты ставитъ передъ нами дилемму или вѣрить происхожденію вселенной въ опредѣленную эпоху въ прошедшемъ, или же предполагать, что въ дѣйствіи естественныхъ законовъ произошла какая нибудь необъяснимая перемѣна. Физика не даетъ никакой поддержки понятію о томъ, что матерія остается безконечно въ непрерывномъ ходѣ существованія. И если въ прошедшемъ былъ перерывъ въ дѣйствіи закона, то почему же подобное событіе не можетъ случиться въ будущемъ? Безконечная изобрѣтательность могла помѣстить въ матерію какого нибудь дѣятеля, который еще никогда до сихъ поръ не обнаруживалъ своей страшной силы. Мы имѣемъ прекрасную теорію сохраненія энергіи; но самые передовые физики не отрицаютъ того, что возможна еще другая форма энергіи, не кинетическая и не потенціальная, а неизвѣстной природы ¹).

---

[1]) Клиффордъ въ своей интересной лекціи *Первая и послѣдняя катастрофа* (Fortnightly Review, April 1875, p. 480) возражаетъ, что я ошибочно употребилъ „извѣстные законы природы“ вмѣсто „извѣстные законы проводимости теплоты“. Я признаю ошибку, но не допускаю всѣхъ заключеній выводимыхъ Клиффордомъ. Я оставилъ этотъ параграфъ безъ измѣненія и обсуждаю этотъ предметъ въ предисловіи.

[2]) Клеркъ Максуэлль Theory of Heat, p. 245.

Мы можемъ вообразить себѣ мыслящихъ существъ живущихъ въ такомъ мірѣ, гдѣ атмосфера состоитъ изъ смѣси кислорода съ горючимъ газомъ вродѣ взрывчатыхъ газовъ каменноугольныхъ рудниковъ. Еслибы въ томъ мірѣ не было огня, то тамошніе люди могли бы жить цѣлые вѣка, и не подозрѣвая о существованіи страшныхъ силъ, которыя могла бы привести въ дѣйствіе одна искра. Въ одно мгновеніе стали бы дѣйствовать новые законы и бѣдныя мыслящія существа, столь довѣрявшія своему знанію о царствѣ закона въ ихъ мірѣ, не успѣли бы и пофилософствовать о разрушеніи всѣхъ ихъ теорій. Можемъ ли мы съ нашимъ конечнымъ знаніемъ быть увѣрены въ томъ, что невозможно подобное же разрушеніе и нашихъ теорій?

Двусмысленность выраженія „единообразіе природы“.

Вслѣдствіе ошибочнаго истолкованія выраженія *единообразіе природы* возникаютъ серьезныя недоразумѣнія. Каждый законъ природы есть констатированіе извѣстнаго единообразія существующаго между явленіями и такъ какъ законы природы требуютъ неизмѣннаго повиновенія себѣ, то изъ этого повидимому слѣдуетъ, что ходъ самой природы единообразенъ, такъ что мы можемъ съ увѣренностью судить о будущемъ по настоящему. Такое умозаключеніе поддерживается нѣкоторыми результатами физической астрономіи. Лапласъ доказалъ, что планетная система устойчива, такъ что ни одно возмущеніе, какое одна планета производитъ на другую, не можетъ сдѣлаться столь сильнымъ, чтобы произвести разрывъ или постоянное измѣненіе планетныхъ орбитъ. Полное пониманіе закона тяготѣнія показываетъ, что всѣ такія возмущенія въ сущности періодичны, такъ что по истеченіи милліоновъ планеты возвратятся къ тѣмъ же относительнымъ положеніямъ, и затѣмъ начнется новый циклъ возмущеній.

По мѣрѣ того, какъ прогрессируютъ другія отрасли науки, все больше и больше укрѣпляется убѣжденіе въ томъ, что нельзя ожидать большаго измѣненія въ положеніи міра. Прежде боялись столкновенія съ кометой, но въ настоящее время можно съ вѣроятностью утверждать, что мы проходили черезъ

---

¹) Максуэлль, loc. cit. p. 92.

хвостъ кометы, даже не замѣчая этого и это прохожденіе не имѣло другихъ болѣе серьезныхъ послѣдствій, кромѣ слабаго блеска на небѣ. Говорятъ, что недавно земля коснулась кометы Бѣлы и результатомъ этого было прекрасное и совершенно безвредное появленіе метеоровъ. Ослабленіе согрѣвающей способности солнца есть другое наиболѣе вѣроятное обстоятельство, вслѣдствіе котораго мы можемъ опасаться прекращенія жизни на землѣ. Но вычисленія, основанныя на резонныхъ физическихъ данныхъ, показываютъ, что нѣтъ никакого замѣтнаго измѣненія и нѣтъ экспериментальныхъ данныхъ, которыя указывали бы на измѣненіе. Однако геологическія изслѣдованія показываютъ, что въ прошлыя времена происходили обширныя измѣненія климата; въ одно время были огромные ледники и носились ледяныя горы въ умѣренныхъ странахъ, между тѣмъ какъ въ другое время подтропическая растительность существовала въ полярныхъ странахъ. Но и здѣсь измѣненія климата имѣютъ періодическій характеръ, такъ что повидимому ничто не угрожаетъ устойчивости въ состояніи земли.

Всѣ эти положенія можетъ быть и основательны, но они не доказываютъ единообразія природы въ томъ смыслѣ, что невозможны обширныя или внезапныя катастрофы. Во-1-хъ, теорія Лапласа объ устойчивости планетной системы имѣетъ отвлеченный характеръ, такъ какъ онъ не обращаетъ никакого вниманія на взаимное тяготѣніе между планетными тѣлами и солнцемъ. Онъ также упустилъ изъ виду многія физическія причины измѣненія и разрушенія въ системѣ, которыя въ его время были не такъ хорошо извѣстны, какъ въ настоящее время, и кромѣ того предполагаетъ отсутствіе всякаго перерыва въ ходѣ вещей вслѣдствіе столкновенія съ посторонними астрономическими тѣлами.

Въ настоящее время астрономами признано, что живая сила планетъ и спутниковъ можетъ претерпѣвать потерю по крайней мѣрѣ двумя путями. Треніе приливо-отливовъ производитъ небольшое количество теплоты, которая лучеиспускается въ пространство, и эта потеря живой силы должна давать въ результатѣ уменьшеніе скорости вращенія, такъ что наконецъ земные сутки станутъ одинаковы съ годомъ, подобно тому какъ періоды обращенія луны на ея оси и вокругъ земли стали уже почти равными. Во-2-хъ, едва ли можно сомнѣваться въ томъ, что извѣстныя проявленія электричества на земной поверхности зависятъ отъ относительныхъ движеній планетъ и солнца, вслѣдствіе чего происходятъ періоды его большей интенсивности. Такія электрическія явленія должны давать въ результатѣ образованіе и разсѣяніе теплоты, энергія которой должна заимствоваться, по крайней мѣрѣ отчасти, отъ движущихся тѣлъ. Этотъ результатъ вѣроятно тожественнъ (стр. 532) съ потерей энергіи кометъ, приписываемой такъ называемой сопротивляющейся средѣ. Но каково бы ни было теоретическое объясненіе этихъ явленій, почти несомнѣнно, что существуетъ тенденція къ разсѣянію энергіи планетной системы, которое въ теченіи неопредѣленнаго времени дастъ тотъ результатъ, что планеты упадутъ на солнце.

Однако едвали вѣроятно, чтобы планетная система оставалась невозмущонною въ теченіи громадныхъ промежутковъ времени, потребныхъ для разсѣянія энергіи этимъ путемъ. Столкновеніе съ другими тѣлами не представляетъ ничего невѣроятнаго и даже становится приблизительно достовѣрнымъ, если принять въ соображеніе громадные промежутки времени. Относительно столкновеній съ кометами я вовсе не удовлетворяюсь отрицательными результатами, выведенными изъ замѣчательнаго событія происходившаго вечеромъ 27 ноября 1872. Мы можетъ быть часто проходили черезъ хвостъ кометы, свѣтъ которой вѣроятно есть электрическое явленіе не болѣе существенное, чѣмъ сѣверное сіяніе. Каждый замѣчательный случай появленія падающихъ звѣздъ можно считать происходящимъ отъ кометнаго тѣла, такъ что можно сказать, что мы проходили черезъ болѣе рѣдкія части многочисленныхъ кометъ. Но земля еще никогда, по крайней мѣрѣ въ историческія времена, не проходила черезъ ядро кометы, которое вѣроятно состоитъ изъ болѣе густой массы малыхъ метеоритовъ. Мы можемъ только строить догадки относительно того, что произошло бы отъ такого столкновенія; но оно вѣроятно было бы событіемъ болѣе серьезнымъ, чѣмъ всѣ записанныя въ исторіи событія. Однако вѣроятности его появленія нельзя опредѣлить; потому что хотя вѣроятность столкновенія съ какимъ нибудь кометнымъ ядромъ почти ничтожна, за то число кометъ громадно велико.

Нѣтъ ничего невозможнаго и въ томъ, что планетная система можетъ подвергнуться нашествію тѣлъ съ большей массой, чѣмъ кометы. Солнце помѣщается въ такой обширной части пустаго пространства, что его собственное движеніе привело бы его къ ближайшей извѣстной звѣздѣ (α Центавра) не менѣе, чѣмъ въ 139,200 лѣтъ. Но для полной увѣренности въ томъ, что нашъ міръ вполнѣ можетъ разсчитывать на такой періодъ невозмутимой жизни, мы должны доказать, что нѣтъ звѣздъ движущихся по направленію къ намъ и нѣтъ темнаго тѣла значительной величины, неизвѣстнаго намъ и движущагося по пространству. Вторженіе кометъ въ нашу систему и тотъ фактъ, что многіе изъ нихъ имѣютъ гиперболическія пути, достаточно доказываютъ, что окружающія части пространства заняты множествомъ темныхъ тѣлъ извѣстной величины. Весьма вѣроятно, что небольшія солнца охладились настолько, что сдѣлались несвѣтящимися; потому если что даже не признавать той теоріи, что измѣненіе блеска періодическихъ звѣздъ происходитъ отъ движенія вокругъ ихъ темныхъ спутниковъ, то въ нашемъ земномъ шарѣ мы видимъ безспорный примѣръ небольшаго тѣла охладившагося ниже точки свѣченія.

Во всякомъ случаѣ, значитъ, это есть только одно предположеніе, что единообразіе природы предполагаетъ собою неизмѣнное существованіе земнаго шара. Съ царствомъ закона теоретически согласима всякаго рода катастрофа, какъ бы она ни была велика или внезапна. Что бы ни говорила наука, но человѣческая исторія можетъ прекратиться въ слѣдующій моментъ времени. Земля можетъ разлетѣться въ дребезги, столкнувшись съ какою нибудь странствующею звѣздою; она можетъ попасть въ туманную атмосферу водорода и немедленно погибнуть отъ взрыва; она можетъ сгорѣть или превратиться въ паръ вслѣдствіе какого нибудь взрыва на солнцѣ; наконецъ внутри самой земли могутъ быть какія нибудь скрытыя причины разрушенія, которыя ждутъ только времени для своего проявленія.

Какъ было уже сказано (стр. 615), существуютъ нѣкоторыя указанія на то, что бурныя возмущенія дѣйствительно случались въ исторіи солнечной системы. Ольберсъ искалъ меньшихъ планетъ, выходя изъ того предположенія, что они были кусками разорвавшейся планеты, и онъ былъ вознагражденъ открытіемъ нѣсколькихъ изъ нихъ. Ретроградное движеніе спутниковъ многихъ отдаленныхъ планетъ, ненормальное положеніе полюсовъ Урана и излишнее разстояніе Нептуна представляютъ собою другое доказательство какого-то необыкновеннаго переворота, другихъ слѣдовъ котораго мы не знаемъ. Я привожу всѣ эти факты и аргументы не для того, чтобы показать, что есть какая нибудь значительная вѣроятность перерыва въ предѣлахъ человѣческой исторіи, но для доказательства того, что единообразіе природы теоретически совмѣстно съ самыми неожиданными событіями, какія только мы можемъ представить.

Возможныя состоянія вселенной.

Если мы дадимъ волю научному воображенію, то для насъ станетъ очевиднымъ, что столкновеніе тѣла съ тѣломъ должно считаться не рѣдкимъ исключеніемъ, но общимъ правиломъ и неизбѣжной судьбой каждой звѣздной системы. Насколько мы можемъ прослѣдить результаты закона тяготѣнія и разсѣянія энергіи, мы должны представлять себѣ вселенную находящеюся въ процессѣ сгущенія ея въ одно холодное твердое тѣло гигантскихъ размѣровъ. Тѣ, которые часто употребляютъ выраженіе единообразіе природы, повидимому забываютъ, что вселенная можетъ существовать согласно съ законами природы въ самыхъ различныхъ состояніяхъ. Она можетъ состоять изъ раскаленной туманной массы газообразныхъ веществъ. Теплота могла быть столь сильною, что всѣ элементы, даже углеродъ и кремній, находились въ видѣ газовъ и всѣ атомы, каковы бы они ни были, носились въ состояніи химической независимости, разливаясь почти равномѣрно по сосѣднимъ частямъ пространства. Тогда не могло быть жизни, если не называть жизнью прохожденія по каждой части пространства одинаковыхъ группъ атомовъ, причемъ каждая отдѣльная послѣдовательность атомовъ управлялась только теоріей вѣроятности и закономъ уклоненія отъ среднихъ величинъ выраженнымъ въ ариѳметическомъ треугольникѣ. Такая вселенная соотвѣтствовала бы отчасти Лукреціевскому дождю атомовъ или той туманной гипотезѣ, которою Лапласъ предлагалъ философски объяснить эволюцію планетной системы.

По другому крайнему предположенію, интенсивная сила теплоты этой туманной массы могла бы уйти посредствомъ лучеиспусканія въ неизвѣстныя области внѣшняго пространства. Дѣйствіе притяженія обнаруживалось между каждыми двумя частичками и энергія движенія возникша я вслѣдствіе этого превратилась бы вслѣдствіе постоянныхъ столкновеній въ теплоту и разсѣялась. Невообразимый рядъ вѣковъ нуженъ для совершенія этого процесса; но происходящее такимъ образомъ разсѣяніе энергіи можетъ кончиться образованіемъ холодной и неподвижной вселенной. Отношеніе причины и дѣйствія, какъ оно обнаруживается въ жизни и ростѣ, извратится въ постоянное существованіе каждой частички въ неизмѣнномъ относительномъ положеніи по отношенію къ каждой другой частичкѣ. Логическія и геометрическія сходства будутъ еще существовать между атомами и между группами атомовъ, кристаллизовавшихся въ свойственныхъ имъ формахъ навсегда. Но время, великая перемѣнная, не приносила бы съ собою никакого измѣненія, а что касается человѣческихъ надеждъ и печалей, то они пребывали бы въ вѣчномъ покоѣ.

Наука не въ состояніи доказать, что такова неизбѣжная судьба вселенной, потому что мы рѣдко можемъ полагаться на самыя прочно установленныя теоріи для времени далекаго отъ ихъ данныхъ. Тѣмъ не менѣе самое вѣроятное умозрѣніе относительно нашей планетной системы состоитъ въ томъ, что она возникла изъ раскаленной и вращавшейся туманной массы газа и теперь находится въ процессѣ чрезвычайно медленнаго приближенія къ холодному состоянію и окаменѣнію. Конечно можно составить и другія умозрительныя гипотезы. Но каждая гипотеза представляетъ трудности. Если вся вселенная охлаждается, то куда же уходитъ теплота? Чтобы теплота могла уйти совсѣмъ, внѣшнее пространство должно быть безконечно по протяженію, такъ что она никогда не можетъ остановиться или отразиться назадъ. Но не говоря уже о другихъ метафизическихъ трудностяхъ, если среда тепловыхъ волнъ безконечна по протяженію, то почему же и матеріальныя тѣла находящіяся въ ней также не могутъ быть безконечны по числу и по матеріальной массѣ? Очевидно, что мы здѣсь пускаемся въ такія умозрѣнія, которыя превосходятъ наши силы научнаго умозаключенія. Но затѣмъ я аргументирую отрицательно, и желаю показать, что тѣ, которые говорятъ о единообразіи природы и царствѣ закона, перетолковываютъ смыслъ заключающійся въ этихъ выраженіяхъ. Законъ не несовмѣстенъ съ крайнимъ разнообразіемъ и, насколько мы можемъ понимать исторію нашей планетной системы, весьма вѣроятно, что эта система произошла изъ раскаленной туманной матеріи и человѣческая исторія составляетъ только короткій періодъ въ ея ходѣ къ состоянію охлажденія. Только при помощи сомнительныхъ и умозрительныхъ гипотезъ мы можемъ избѣжать такого заключенія, и я ни мало не уклоняюсь отъ несомнѣнныхъ фактовъ и прочно установленныхъ законовъ, когда утверждаю, что какія бы единообразія ни лежали въ основаніи явленій природы, но дѣйствительная основная черта природы есть постоянное разнообразіе и постоянно прогрессирующее измѣненіе.

Умозрѣнія объ обратномъ концентрированіи энергіи.

Какъ я уже сказалъ, существуютъ недвусмысленныя указанія, что матеріальная вселенная, какъ мы видимъ ее въ настоящее время, прогрессируетъ отъ какого-то акта творенія или отъ какого-то перерыва въ существованіи, время котораго можетъ быть приблизительно указано научнымъ умозаключеніемъ. Она прогрессируетъ, стремясь къ такому состоянію, въ которомъ способная дѣйствовать энергія разсѣется по безконечному окружающему пространству и тогда вся матерія сдѣлается холодною и безжизненною. Это составляетъ какъ бы историческій періодъ физической науки, на который можетъ болѣе или менѣе простираться наше научное предвидѣніе. Но въ этомъ, какъ и въ другихъ случаяхъ, мы не имѣемъ права истолковывать нашъ опытъ отрицательно и умозаключать, что такъ какъ нынѣшнее положеніе вещей началось въ извѣстное опредѣленное время, то прежде этого не было никакого существованія. Можетъ быть, что настоящій періодъ матеріальнаго существованія есть только одинъ изъ неопредѣленнаго ряда подобныхъ періодовъ. Все то, что мы видимъ, чувствуемъ, о чемъ судимъ и умозаключаемъ, есть можетъ быть, такъ сказать, только часть одной отдѣльной пульсаціи въ существованіи вселенной.

Послѣ того, какъ В. Томсонъ указалъ на существованіе преобладающей тенденціи къ обращенію всякой энергіи въ энергію теплоты и равномѣрному разсѣянію ея въ пространствѣ посредствомъ лучеиспусканія, Ранкинъ высказалъ замѣчательныя соображенія. Онъ предполагаетъ, что эѳирная или, какъ я назвалъ ее, *алмазная* среда, въ которой существуютъ всѣ звѣзды и происходитъ всякое лучеиспусканіе, можетъ имѣть границы, за которыми существуетъ только пустое пространство. Всѣ тепловыя волны, достигши этой границы, вполнѣ отражаются по теоріи волнообразныхъ движеній и снова концентрируются въ фокусахъ находящихся въ различныхъ частяхъ среды. Какъ только какая нибудь холодная и потухшая звѣзда попадетъ въ одинъ изъ этихъ фокусовъ, она мгновенно раскаляется и посредствомъ сильнаго жара разлагается на свои составные элементы. Перерывъ произойдетъ въ исторіи этой части матеріи и звѣзда снова начнетъ свою исторію съ возобновленнымъ запасомъ энергіи [1]).

Безъ сомнѣнія, это только одно умозрѣніе, которое на практикѣ не можетъ быть провѣрено наблюденіемъ и почти не поддается ограниченіямъ представляемымъ настоящимъ знаніемъ. Мы можемъ приписывать различныя формы алмазной средѣ, и результаты будутъ различные. Но эти умозрѣнія имѣютъ то достоинство, что они обращаютъ вниманіе на ограниченность нашего знанія. Мы не можемъ отрицать возможной вѣрности такой гипотезы, но и не можетъ положить границы научному воображенію при составленіи другихъ подобныхъ гипотезъ. Однако же и невозможно составлять наши научныя умозаключенія, не впадая въ умозрѣнія. Если теплота лучеиспускается во внѣшнее пространство, то она должна идти или въ безконечность или гдѣ нибудь остановиться. Въ послѣднемъ случаѣ мы приходимъ къ гипотезѣ Ранкина. Но если матеріальная вселенная состоитъ изъ конечнаго собранія нагрѣтой матеріи, помѣщающейся въ конечной части безконечной алмазной среды, тогда эта вселенная или должна была существовать конечное время или должна была охладиться въ теченіи безконечнаго времени въ прошедшемъ до неопредѣленной близости къ абсолютному нулю температуры. Я возражалъ на аргументъ Лукреція противъ уничтожаемости матеріи тѣмъ, что мы рѣшительно ничего не знаемъ о законахъ, по которымъ происходитъ уничтоженіе. Но мы не знаемъ и законовъ, по которымъ совершается разсѣяніе теплоты, и неизбѣжное заключеніе то, что нагрѣтое конечное матеріальное тѣло находящееся въ совершенно холодной и безконечной по протяженію средѣ опустилось бы въ теченіи неопредѣленнаго времени до температуры нуля. Но нашъ міръ еще не охладился до нуля, такъ что физическія науки ставятъ передъ нами дилемму допустить или конечность прошлаго существованія міра, или же конечность той части среды, въ которой мы существуемъ. Но въ томъ и другомъ случаѣ мы встрѣчаемся съ метафизическими и механическими трудностями, превосходящими наши умственныя силы.

---

[1]) Report of the British Association, 1852, Report of Sections. p. 12.

Расширяющееся поле для новыхъ открытій.

Въ сочиненіяхъ нѣкоторыхъ новыхъ философовъ, въ особенности О. Конта и въ нѣкоторой степени Д. С. Милля, обнаруживается ошибочная и вредная тенденція представлять наше знаніе приблизительно полнымъ. По крайней мѣрѣ эти и многіе другіе писатели не стараются внушить своимъ читателямъ той истины, которую постоянно нужно помнить, именно, что самые крайніе успѣхи, которыхъ можетъ достигнуть нашъ научный методъ, даютъ намъ возможность обнять только безконечно малую долю того, что можетъ быть несомнѣнно узнано. Тиндаль заслуживаетъ тотъ же упрекъ въ меньшей степени. Онъ замѣчаетъ [1]), что мы никогда вѣроятно не подведемъ вполнѣ подъ математическіе законы естественныхъ явленій, потому что приближеніе нашихъ наукъ къ полнотѣ можетъ быть ассимптотическимъ, такъ что какъ бы далеко мы ни пошли, но все еще останутся нѣкоторые факты не поддающіеся научному объясненію. Онъ поэтому сравниваетъ новыя явленія открывающіяся для изслѣдованія съ сходящимися рядами; прежніе и большіе члены ихъ были разработаны удачно, такъ что для будущихъ изслѣдованій остаются только сравнительно меньшія группы явленій.

Напротивъ, мнѣ кажется, что появленіе новыхъ и необъясненныхъ фактовъ даетъ расходящійся по объему рядъ, такъ что чѣмъ болѣе мы объясняемъ, тѣмъ болѣе предстоитъ намъ объяснять. Чѣмъ дальше мы подвигаемся въ какомъ нибудь обобщеніи, тѣмъ многочисленнѣе и сложнѣе становятся исключительные случаи требующіе дальнѣйшей разработки. Эксперименты Бойля, Маріотта, Гей-Люссака и др. о физическихъ свойствахъ газовъ повидимому исчерпали этотъ предметъ и показали, что всѣ газы повинуются одинаковымъ законамъ относительно температуры, давленія и объема. Но въ дѣйствительности эти законы только приблизительно вѣрны и различія между ними представляютъ обширное и далеко неисчерпанное поле для дальнѣйшихъ обобщеній. Недавнія открытія Андрьюса подвели нѣкоторые изъ этихъ исключительныхъ фактовъ подъ болѣе широкое обобщеніе; но въ сущности они открыли для насъ обширныя новыя области интересныхъ изслѣдованій и оставили совершенно нетронутымъ вопросъ о томъ, почему одинъ газъ представляетъ иныя отношенія, чѣмъ другой.

Кристаллографія есть наука, въ которой открыты самые точные и общіе законы; но было бы невѣрно утверждать, что въ ней уменьшилась область для будущихъ открытій. Мы можемъ показать, что каждая изъ семи или восьми сотъ формъ кальцита можетъ быть выведена посредствомъ геометрическихъ видоизмѣненій изъ шестиугольной призмы; но дѣлалъ ли кто нибудь попытку объяснить молекулярныя силы производящія эти видоизмѣненія или химическія условія, въ которыхъ они происходятъ? Законъ изоморфизма есть важное обобщеніе, потому что онъ устанавливаетъ общее сходство между формами кристаллизаціи естественныхъ классовъ элементовъ. Но если мы ближе всмотримся въ дѣло, то найдемъ, что эти формы только приблизительно сходны и различіе свойственное каждому веществу есть необъяснимое исключеніе.

---

[1]) Fragments of Science, p. 362,

Легко привести безчисленное множество примѣровъ, показывающихъ, что въ какомъ бы направленіи мы ни расширяли наши изслѣдованія и какъ бы успѣшно ни приводили въ гармонію немногіе факты, но въ результатѣ получается только увеличеніе массы другихъ необъяснимыхъ фактовъ. Кто изъ ученыхъ людей отважится утверждать, что въ настоящее время меньше предметовъ для новыхъ открытій, чѣмъ было ихъ три столѣтія тому назадъ? И не вѣрнѣе ли будетъ сказать, что едва мы только раскроемъ научную книгу и прочитаемъ въ ней страницу или двѣ, какъ уже встрѣчаемъ записанное въ ней явленіе, которое до сихъ поръ еще не получило никакого объясненія. И при этомъ всегда возможны новыя открытія, и это нужно приписать только недостатку ума у изслѣдователя, если онъ нигдѣ вокругъ себя не находитъ предметовъ для упражненія его способностей.

Безконечная неполнота математическихъ наукъ.

Есть одно преимущество, которое дается намъ извѣстнымъ количествомъ знанія; оно состоитъ въ томъ, что мы узнаемъ слабость нашихъ способностей сравнительно съ тѣмъ дѣломъ, которое мы могли бы принять на себя, если бы они были сильнѣе. Сравнительно съ жалкимъ дикаремъ, который не можетъ сосчитать двадцати, ариѳметическое искуство школьника кажется удивительнымъ. Но школьникъ не можетъ понять громадныхъ силъ студента, легко владѣющаго алгебраическими дѣйствіями. А студентъ можетъ смотрѣть на Ньютона или Лапласа только съ чувствомъ удивленія и почтенія. Но затѣмъ самъ собою возникаетъ вопросъ, имѣютъ ли способности самаго высшаго человѣческаго ума опредѣленное конечное отношеніе къ вещамъ, которыя предстоитъ понимать и исчислять? Насколько ступеней мы должны подняться въ умственномъ искуствѣ и въ расширеніи математическихъ методовъ, прежде чѣмъ мы начнемъ исчерпывать познаваемое?

По моему мнѣнію, математическіе писатели заслуживаютъ упрекъ за то, что они часто преувеличиваютъ то, что они могутъ, и при этомъ забываютъ указывать, что то, что они дѣлаютъ, есть только безконечно малая доля того, что можетъ быть сдѣлано. За немногими исключеніями у нихъ преобладаетъ манера только упоминать о существованіи задачъ неразрѣшимаго характера. Это можетъ быть извинительно только тогда, когда дѣло идетъ о непосредственномъ практическомъ результатѣ ихъ изслѣдованій; но эта манера внушаетъ неученой публикѣ ошибочное понятіе, что математика есть совершенная наука, которая вполнѣ довершила то дѣло, за которое взялась. На дѣлѣ же, напротивъ, можно сказать, что если бы выбрать наудачу какую-нибудь математическую задачу изъ всего числа задачъ, которыя можно предлагать, то существуетъ крайне малая вѣроятность, чтобы математикъ рѣшилъ ее. Подобно тому какъ числа, которыя мы можемъ считать, ничто въ сравненіи съ числами, которыя могутъ существовать, и математическіе подвиги Лапласа и Лагранжа составляютъ, такъ сказать, небольшую часть таблицы умноженія, которая на дѣлѣ безконечна.

Я уже показалъ, что грубый характеръ нашихъ наблюденій не даетъ намъ возможности узнать о значительномъ числѣ дѣйствій и явленій въ природѣ. Къ этому нужно прибавить, что если бы даже мы и замѣтили ихъ, то не въ состояніи были бы включить ихъ въ наши теоріи по недостаточности математическихъ средствъ. Нѣкоторые можетъ быть удивятся, если имъ сказать, что хотя со времени открытій Ньютона прошло уже около двухъ столѣтій, однако мы и до сихъ поръ не имѣемъ еще общей теоріи молекулярнаго дѣйствія. Сдѣланы только нѣкоторыя приближенія къ такой теоріи. Джоуль и Клаузіусъ измѣрили скорость газообразныхъ атомовъ и даже опредѣлили среднее разстояніе между столкновеніями происходящими между атомами. Томсонъ приблизительно вычислилъ число атомовъ въ данномъ объемѣ вещества. Ранкинъ составилъ резонныя гипотезы на счетъ дѣйствительнаго строенія атомовъ. Но было бы ошибочно предполагать, будто эти остроумные результаты теоріи и опыта составляютъ хоть какое нибудь замѣтное приближеніе къ полному рѣшенію молекулярныхъ движеній. Есть основаніе думать, судя по спектрамъ элементовъ, по ихъ атомнымъ вѣсамъ и другимъ даннымъ, что химическіе атомы имѣютъ весьма сложное строеніе. Атомъ чистаго желѣза вѣроятно представляетъ гораздо болѣе сложную систему, чѣмъ система планетъ и ихъ спутниковъ. Сложный атомъ можетъ быть можно сравнить съ звѣздною системою, каждая звѣзда которой есть тоже меньшая система. Малѣйшая частичка твердаго вещества должна состоять изъ большаго числа такихъ звѣздныхъ системъ соединенныхъ въ правильномъ порядкѣ, связанныхъ одна съ другою и сообщающихся между собою совершенно непонятнымъ для насъ образомъ. И что такое наши математическія средства сравнительно съ этою проблемой?

Послѣ двухъ столѣтій непрерывнаго труда самые даровитые люди успѣли вычислить взаимное дѣйствіе трехъ тѣлъ другъ на друга при простой гипотезѣ тяготѣнія. Относительно этихъ вычисленій мы должны еще помнить, что они чисто приблизительны и что методы ихъ не примѣняются тамъ, гдѣ дѣйствуютъ три или четыре тѣла и всѣ производятъ значительное дѣйствіе другъ на друга. Есть основаніе думать, что каждая составная часть химическаго атома проходитъ свою орбиту въ милліонную часть мгновенія. При каждомъ обращеніи она послѣдовательно или одновременно находится подъ вліяніемъ многихъ другихъ составныхъ частей или можетъ быть приходитъ въ столкновенія съ ними. Не будетъ преувеличеніемъ сказать, что математики не имѣютъ и малѣйшаго понятія о томъ способѣ, какимъ они могли бы успѣшно справиться съ столь трудной проблемой силъ и движеній. Какъ замѣтилъ Гершель [1]), каждая изъ этихъ частичекъ рѣшаетъ дифференціальныя уравненія, которыя, если бы ихъ написать вполнѣ, опоясали бы всю землю.

Самыя обширныя вычисленія, какія когда либо были сдѣланы, произведены были при обработкѣ измѣреній произведенныхъ при тригонометрической съемкѣ Великобританіи. Вычисленіями относящимися къ главной тріангуляціи занимались 20 счетчиковъ въ теченіи трехъ или четырехъ лѣтъ и въ это время вычислявшіе должны были рѣшать одновременныя уравненія заключавшія 77 неизвѣстныхъ количествъ. Приведеніе нивеллировокъ требовало рѣшенія системы 91 одного уравненія. Но эти обширныя вычисленія не составляютъ хоть какого нибудь приближенія къ тѣмъ, которыя были бы нужны для полнаго рѣшенія какой нибудь физической задачи. Въ настоящее время довольно хорошо понято движеніе ледниковъ. Ледникъ есть тягучая, пластическая масса, не абсолютно твердая, неабсолютно хрупкая: но какъ замѣтилъ Форбесъ, до сихъ поръ невозможно даже приблизительное рѣшеніе математическихъ условій такой движущейся массы. «Всякій знаетъ, говоритъ онъ, что такія проблемы выше силъ точной математики»; но хотя математики и знаютъ это, однако они недостаточно часто внушаютъ эту мысль другимъ.

Задачи, которыя рѣшаются въ нашихъ математическихъ книгахъ, представляютъ только небольшой выборъ такихъ, которыя разрѣшимы вслѣдствіе особенныхъ условій. Но самая простая повидимому задача часто приводитъ къ неосуществимымъ вычисленіямъ. Тодгунтеръ [2]) порицаетъ Кондорсе за то, что онъ въ одномъ изъ своихъ мемуаровъ упоминаетъ о задачѣ, для рѣшенія которой потребовалось бы большое и неудобное число послѣдовательныхъ интеграцій. Но если нашимъ математическимъ наукамъ суждено справиться съ задачами ожидающими рѣшенія, тогда потребуется безграничное число послѣдовательныхъ интеграцій; однако въ настоящее время, да вѣроятно и всегда, крайне мала вѣроятность того, чтобы интеграція взятая наудачу пришлась по нашимъ средствамъ.

---

[1]) Familiar Lectures on Scientific Subjects, p. 452.

[2]) History of the Theory of probability, p. 398.

Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ замѣчательнаго сочиненія Ninth Bridgewater Treatise (р. 113—15) Беббеджъ говоритъ, что если бы мы имѣли возможность открыть и выслѣдить малѣйшія дѣйствія всякаго возмущенія, то каждая частичка существующей матеріи отмѣчала бы намъ все, что случилось. «Ходъ каждой лодки, каждаго судна, возмущающаго поверхность океана и приводимаго въ движеніе силою рукъ или какою нибудь элементарною силою, остается навсегда отмѣченнымъ въ будущемъ движеніи всѣхъ послѣдующихъ частичекъ, которыя могутъ занимать его мѣсто. Борозда, которую онъ оставляетъ, немедленно наполняется притекающими частицами воды; но эти частицы увлекаютъ за собою другія и большія части окружающей жидкости, а эти послѣднія, придя въ движеніе, сообщаютъ движеніе другимъ и т. д. въ безконечность». Мы можемъ даже сказать, что «самый воздухъ есть огромная библіотека и на страницахъ книгъ ея навсегда записано все то, что было когда нибудь сказано или даже прошептано. Здѣсь навсегда записаны измѣнчивыми, но безошибочными буквами вмѣстѣ съ первымъ и послѣднимъ вздохомъ смертнаго невыполненные обѣты, несдержанныя обѣщанія, увѣковѣченныя въ соединенныхъ движеніяхъ каждой частички какъ свидѣтельство измѣнчивой людской воли».

Читая подобныя разсужденія, мы можемъ только поздравлять себя, что мы одарены такимъ умомъ, который при надлежащемъ употребленіи можетъ понять свою неспособность прослѣдить и объяснить все то, что происходитъ въ простѣйшихъ дѣйствіяхъ матеріальной природы. Къ этому я долженъ прибавить, что какъ ни удивителенъ обширный районъ физическихъ явленій, открытыхъ для нашего изслѣдованія, однако интеллектуальныя явленія еще гораздо обширнѣе. Если бы позволило мѣсто, я могъ бы представить удовлетворительное доказательство этого, показавши, что математическія функціи употребляемыя при вычисленіяхъ, производящихся въ физическихъ наукахъ, составляютъ только безконечно малую долю функцій, которыя могутъ быть придуманы. Обыкновенная тригонометрія состоитъ изъ большаго ряда полезныхъ формулъ, которыя всѣ выводятся изъ отношенія между синусомъ и косинусомъ, выражаемаго однимъ уравненіемъ $\sin^2 x + \cos^2 x = 1$. Но это не единственная тригонометрія, которая можетъ существовать; математики признаютъ также гиперболическую тригонометрію, основное уравненіе которой есть $\cos^2 x - \sin^2 x = 1$. Де Морганъ показалъ, что символы обыкновенной алгебры составляютъ только три системы изъ безконечной серіи возможныхъ системъ [1]). Какъ логариѳмитическія дѣйствія относятся къ сложенію или сложеніе къ умноженію, такъ это послѣднее дѣйствіе относится къ болѣе высшему дѣйствію и т. д. въ безконечность.

На основаніи этого можно ожидать, что человѣческій умъ совершитъ еще громадный невообразимый прогрессъ, если не случится какой нибудь катастрофы съ человѣческимъ родомъ или съ земнымъ шаромъ. Въ теченіи историческаго періода мы можемъ прослѣдить развитіе математики, начиная съ простѣйшихъ зародышей ея. Мы можемъ доказать наше происхожденіе отъ предковъ, которые считали только по пальцамъ. Какъ безконечно высоки Ньютонъ или Лапласъ сравнительно съ этими простыми дикарями! Разсказываютъ, что Пиѳагоръ принесъ въ жертву гекатомбу, когда открылъ 47 положеніе Эвклида, и такой случай заслуживалъ жертвоприношенія. Архимедъ былъ внѣ себя отъ радости, когда открылъ свой прекрасный способъ опредѣленія удѣльнаго вѣса. Однако эти великія открытія составляютъ самыя избитыя истины въ нашихъ школьныхъ руководствахъ. Шагъ за шагомъ мы можемъ прослѣдить развитіе нашихъ умственныхъ силъ. Что можетъ быть удивительнѣе сдѣланнаго Непиромъ открытія логариѳмовъ, этого новаго способа исчисленія, который вѣроятно во сто разъ увеличилъ рабочую силу каждаго счетчика и сдѣлалъ легкими вычисленія, которыя прежде казались неисполнимыми? Послѣ Ньютона и Лейбница было разрѣшено множество задачъ, о которыхъ едвали и думали въ прежнее время, какъ о предметахъ изслѣдованія. Въ наше время возникли обширные методы математическаго умозаключенія, какова напримѣръ система кватерніоновъ. Никто не будетъ сомнѣваться въ томъ, что отвлеченныя умозрѣнія Кейли, Сильвестера или Клиффорда могутъ повести къ какому нибудь новому развитію новыхъ математическихъ средствъ, простотѣ которыхъ будетъ удивляться будущее поколѣніе, но еще болѣе будетъ удивляться тому, что они были для насъ столь неясны и трудны. Мы смѣло можемъ повторить слова Сенеки: «Придетъ время, когда потомки наши будутъ удивляться, что мы не знали того, что такъ ясно».

Царство закона въ умственныхъ и соціальныхъ явленіяхъ.

Когда мы отъ такъ называемыхъ физическихъ наукъ перейдемъ къ тѣмъ, которыя изслѣдуютъ умственныя и соціальныя явленія, то увидимъ, что и къ нимъ примѣняются тѣже общія заключенія. Никто не станетъ отрицать того, что въ мысляхъ и дѣйствіяхъ разумныхъ существъ можно открыть извѣстныя единообразія, и насколько мы открываемъ такіе законы, настолько успѣшно примѣняемъ научный методъ. Но люди занимающіеся установкой соціальныхъ или моральныхъ наукъ знаютъ и видятъ, что они имѣютъ дѣло съ предметами чрезвычайно сложными. Возьмемъ напримѣръ политическую экономію. Если только она есть наука, то должна быть математическою наукою, потому что она имѣетъ дѣло съ количествами товаровъ. Но какъ скоро мы пытаемся составить уравненія, выражающія законы спроса и предложенія, то открываемъ, что они имѣютъ сложность вполнѣ превышающую наши способы математическаго анализа. Мы можемъ дать общую форму уравненій, выражающихъ спросъ и предложеніе для двухъ или трехъ товаровъ между двумя или тремя торговцами; но всѣ фукціи имѣющія здѣсь мѣсто до такой степени сложны по характеру, что нельзя ожидать особенно быстраго прогресса научнаго метода въ этомъ направленіи. Если таково положеніе сравнительно формальной науки, какова политическая экономія, то что же мы должны сказать о моральной наукѣ? Всякая полная теорія морали имѣетъ дѣло съ количествами удовольствія или непріятности, какъ указалъ Бентамъ, и должна суммировать общую тенденцію каждаго рода дѣйствія на общественное благосостояніе. Для примѣненія научнаго метода къ морали, мы должны имѣть исчисленіе моральныхъ дѣйствій, родъ физической астрономіи, изслѣдующей взаимныя возмущенія личностей. Но если и астрономы до сихъ поръ не вполнѣ еще разрѣшили проблему трехъ тяготѣющихъ тѣлъ, то когда же мы можемъ разсчитывать получить рѣшеніе проблемы трехъ моральныхъ тѣлъ?

---

[1]) Trigonometry and Double Algebra, ch. IX.

Науки политической экономіи и морали сравнительно отвлеченны и общи, трактуютъ человѣческій родъ съ простыхъ точекъ зрѣнія и пытаются открыть общіе принципы дѣйствія. Они тоже для соціальныхъ явленій, что отвлеченныя науки о химіи, теплотѣ и электричествѣ для конкретной науки метеорологіи. Прежде чѣмъ мы станемъ изслѣдовать дѣйствія какого нибудь общества людей, мы должны овладѣть всѣми болѣе отвлеченными науками, относящимися къ нимъ, подобно тому какъ для метеорологіи мы должны понимать простѣйшія истины физики и химіи. Но всѣ наши физическія науки не дадутъ намъ возможности предсказать съ значительною вѣроятностью погоду за два дня впередъ, и общая задача метеорологіи до сихъ поръ еще не тронута. Что же мы послѣ этого должны сказать объ общей проблемѣ соціальной науки, которая должна дать намъ возможность предсказывать ходъ событій въ націи?

Многіе писатели брались положить основы для исторіи. Боклъ задумалъ написать *Исторію цивилизаціи въ Англіи* и показать, какимъ образомъ характеръ націи можетъ быть объясненъ свойствомъ климата и плодородіемъ почвы. Но онъ не объяснилъ намъ контраста между древней греческой націей и нынѣшними греками; нужно полагать, что произошелъ какой нибудь необыкновенный переворотъ въ климатѣ или почвѣ. О. Контъ открылъ простые законы хода развитія, какимъ шли націи. Всегда будто бы было три фазы интеллектуальнаго состоянія, теологическая, метафизическая и положительная; и примѣняя этотъ общій законъ прогресса къ конкретнымъ случаямъ, Контъ предсказывалъ, что въ іерархіи европейскихъ націй Испанія необходимо должна будетъ занять первое мѣсто. И такую то пародію науки представляютъ намъ философы *позитивисты*!

(Исторія какъ наука въ истинномъ смыслѣ этого слова есть нелѣпое понятіе.) Нація не есть просто сумма индивидуумовъ, которую мы можемъ трактовать по методу среднихъ величинъ; это органическое цѣлое, соединенное безконечно сложною связью. Каждая личность дѣйствуетъ и воздѣйствуетъ на свой большій или меньшій кружокъ друзей, а тѣ, которые пріобрѣли общественное положеніе, оказываютъ вліяніе на гораздо большія части націи. Всегда есть нѣсколько великихъ руководителей, людей съ исключительнымъ геніемъ или счастьемъ, безотчетныя мнѣнія и расположенія которыхъ заправляютъ всей націей. Отъ времени до времени возникаютъ критическія положенія, сраженія, щекотливые переговоры, внутренніе перевороты, въ которыхъ малѣйшія случайности могутъ измѣнить ходъ компаніи; нѣсколько оскорбительныхъ словъ въ депешѣ могутъ возмутить національную гордость; случайный выстрѣлъ можетъ вызвать столкновеніе, дѣйствія котораго могутъ продолжаться столѣтія. (Говорятъ, что исторія Европы зависѣла одно мгновеніе отъ того, замѣтитъ ли или не замѣтитъ часовой на кораблѣ Нельсона корабль экспедиціи Наполеона въ Египетъ, проходившій не вдалекѣ. Такимъ образомъ въ человѣческихъ дѣлахъ малѣйшія причины могутъ производить величайшія дѣйствія, и о дѣйствительномъ примѣненіи научнаго метода не можетъ быть и рѣчи ¹).

---

¹) Такой взглядъ на исторію тоже нелѣпъ. Если человѣческія дѣйствія до того капризны, до того не похожи на всѣ другія явленія природы, что ихъ нельзя изучать научнымъ образомъ, тогда нельзя считать науками всѣ науки о человѣкѣ, а особенно мораль и политическую экономію, которыя однако авторъ считаетъ науками. И если уже говорить, что ходъ событій въ исторіи опредѣляется капризами правящихъ и вліятельныхъ людей, то еще съ большимъ правомъ можно сказать, что въ политической экономіи цѣны, напримѣръ, опредѣляются не стоимостью производства, не отношеніемъ между спросомъ и предложеніемъ, вообще не тѣми условіями, о которыхъ говорятъ политико-экономы, а просто самодурствомъ и вообще дурными инстинктами стакнувшихся прасоловъ и кулаковъ.

Прим. перев.

Теорія эволюціи.

Въ послѣднее время философы пытались сдѣлать обобщенія относительно происхожденія живыхъ формъ и умственныхъ и моральныхъ явленій въ ихъ наивысшемъ развитіи. Теорія эволюціи Г. Спенсера берется объяснить происхожденіе всѣхъ специфическихъ различій, такъ что даже появленіе Гомера или Бетховена можетъ быть подведено подъ эти обширныя теоріи. Однородное не прочно, неустойчиво, говоритъ Спенсеръ и должно дифференцироваться, и вслѣдствіе этого происходитъ разнообразіе человѣческихъ учрежденій и характеровъ. Для того, чтобы живая форма могла сохранить свое существованіе и распространять свой родъ, говоритъ Дарвинъ, она должна быть приспособлена къ окружающимъ обстоятельствамъ и наиболѣе приспособленныя формы будутъ имѣть перевѣсъ надъ менѣе приспособленными и наконецъ истребятъ ихъ. Изъ этихъ плодотворныхъ идей развились теоріи эволюціи и естественнаго подбора, которыя до извѣстной степени объясняютъ существованіе громаднаго числа живыхъ формъ, растеній и животныхъ. Видимыя приспособленія органовъ къ полезнымъ цѣлямъ, считавшіяся прежде (Paley) непосредственными произведеніями творческаго ума, теперь признаются естественными послѣдствіями вытекающими изъ постоянно дѣйствующей тенденціи. Даже человѣкъ по этимъ теоріямъ не есть особое твореніе, но только крайній случай развитія головнаго мозга. Его ближайшіе родственники—обезьяны и его родословная идетъ внизъ до тѣхъ поръ, пока ни соединится съ самыми низшими зоофитами.

Конечно, теоріи Дарвина и Спенсера не доказаны; они до нѣкоторой степени гипотетичны, совершенно также какъ всѣ теоріи физической науки до нѣкоторой степени гипотетичны и подлежатъ сомнѣнію. Судя по громадному числу различныхъ фактовъ, гармонирующихъ съ ними и объясняемыхъ ими, я считаю теоріи эволюціи и естественнаго подбора въ ихъ главныхъ чертахъ самыми вѣроятными гипотезами, какія когда либо были предложены. Я не знаю, появлялось ли послѣ Principia Ньютона хоть одно научное сочиненіе, которое могло бы сравниться по важности съ сочиненіями Дарвина и Спенсера, которыя произвели бы такую революцію во всѣхъ нашихъ взглядахъ на происхожденіе тѣлесныхъ, умственныхъ, моральныхъ и соціальныхъ явленій [1]).

Но признавая все это, я ни на минуту не могу допустить, чтобы теорія эволюціи уничтожила теологію. Эта теорія обнимаетъ многіе законы или единообразія, открытыя наблюденіемъ въ образованіи живыхъ формъ; но эти законы не опредѣляютъ величины или фигуры живыхъ существъ также, какъ законъ тяготѣнія не опредѣляетъ величины и разстояній планетъ. Предположимъ, что Дарвинъ правъ, говоря, что человѣкъ происходитъ отъ асцидій: однакоже настоящая форма человѣческаго тѣла должна была подвергаться вліянію безконечнаго ряда обстоятельствъ, оказывающихъ свое дѣйствіе на воспроизведеніе, ростъ и здоровье всей цѣпи промежуточныхъ существъ. Нѣтъ сомнѣнія, что при существовавшихъ обстоятельствахъ человѣкъ не могъ быть инымъ, чѣмъ онъ есть, и еслибы въ какой нибудь части вселенной существовала совершенно такая же земля, съ совершенно такими же зародышами жизни, то тамъ возникло бы существо совершенно сходное съ человѣкомъ.

---

[1]) Относительно Дарвина это совершенно вѣрно, но относительно Спенсера слишкомъ преувеличенно; ставить его рядомъ съ Дарвиномъ совершенно несправедливо. *Прим. перев.*

При различномъ распредѣленіи атомовъ въ первобытномъ мірѣ образовалась бы на землѣ иная серія живыхъ формъ. Одни и тѣже причины, дѣйствуя по одинаковымъ законамъ, должны были дать и одинаковые результаты; но различныя причины, дѣйствующія по одинаковымъ законамъ, даютъ различные результаты. Такимъ образомъ, насколько мы можемъ понять, согласно съ теоріей эволюціи могли возникнуть безконечно различныя существа, и точной причины того, почему мы имѣемъ позвоночникъ, двѣ руки съ противостоящимъ большимъ пальцемъ, вертикальное положеніе, сложный головной мозгъ, около 223 костей и многія другія особенности, мы должны искать только въ первоначальномъ актѣ творенія. Я не думаю, подобно Пели, что глазъ человѣка указываетъ на цѣлесообразность. Я думаю, что глазъ развился постепенно и мы дѣйствительно можемъ прослѣдить его постепенное развитіе, начиная первымъ зачаткомъ нерва, реагирующаго на цвѣтовые лучи у нѣкоторыхъ простыхъ животно-растеній. По мѣрѣ того, какъ глазъ становится болѣе точнымъ орудіемъ зрѣнія, онъ даетъ своему обладателю возможность успѣшнѣе избѣгать уничтоженія; но послѣдній результатъ долженъ былъ уже содержаться въ аггрегатѣ причинъ, а эти причины, насколько мы можемъ судить, зависѣли отъ произвольнаго выбора Творца.

Хотя Агассицъ былъ очевидно неправъ, думая, что каждый видъ животныхъ явился на землѣ вслѣдствіе непосредственнаго вмѣшательства Творца, что равносильно тому, какъ еслибы мы сказали, что нѣтъ никакихъ законовъ связи между формами; однако кажется онъ былъ правъ, утверждая, что живыя формы отличны отъ тѣхъ формъ, которыя произведены чисто физическими причинами. «Продукты того, что обыкновенно называется физическими причинами, говоритъ онъ, одинаковы вездѣ (т. е. на всей земной поверхности) и были одинаковы всегда (т. е. въ теченіи всѣхъ геологическихъ періодовъ); между тѣмъ какъ организованныя существа вездѣ различны и были различны во всѣ времена. Между двумя такими серіями явленій не можетъ быть ни причинной, ни генетической связи». Живыя формы, какъ мы ихъ видимъ теперь, измѣнчивы существеннымъ образомъ; между тѣмъ какъ отъ постоянныхъ механическихъ причинъ произошли бы постоянныя дѣйствія. Если бы растительныя клѣтки образовались по механическимъ принципамъ и были сначала сферическими, а потомъ вслѣдствіе взаимнаго сжатія 12-тигранными, тогда всѣ клѣтки имѣли бы одинаковую форму. У фораминиферовъ и нѣкоторыхъ другихъ низшихъ организмовъ мы можемъ наблюдать образованіе сложныхъ формъ по геометрическимъ принципамъ. Но одинаковыя причины, дѣйствующія по одинаковымъ законамъ, могутъ дать только одинаковые результаты. Если первоначальный жизненный зародышъ каждаго существа есть простая частичка протоплазмы, не обладающая никакими отличительными силами, тогда вся сложная масса явленій животной и растительной жизни есть дѣйствіе безъ причины. Протоплазма можетъ быть химически вездѣ одинакова и зародышевыя клѣтки человѣка и рыбы также могутъ казаться одинаковыми, на сколько это можетъ рѣшить микроскопъ; но если одни клѣтки производятъ человѣка, а другія неизмѣнно производятъ рыбу, тогда должно же быть въ ихъ строеніи что-нибудь такое, что даетъ такіе крайне различные результаты. Въ противномъ же случаѣ происхожденіе каждаго живаго существа отъ однороднаго зародыша нужно было бы считать отдѣльнымъ актомъ творенія.

Теологи испугались теорій Дарвина, Гексли и Спенсера, воображая, что эти теоріи могутъ объяснить все чисто механическими и матеріальными причинами и уничтожить всякую мысль о цѣлесообразности. Они не увидѣли того, что эти теоріи гораздо больше поставили вопросовъ, чѣмъ разрѣшили ихъ. Доктрина эволюціи не даетъ полнаго объясненія ни одной живой формы. Указывая общіе принципы, управляющіе измѣненіями живыхъ существъ, она только представляетъ намъ безконечную сложность причинъ и обстоятельствъ, которыя привели къ настоящему состоянію вещей. Каждая изъ книгъ Дарвина, какъ они ни удивительны всѣ, состоитъ только изъ постановки множества неопредѣленныхъ задачъ. Онъ прекраснѣйшимъ образомъ доказываетъ, что каждый цвѣтокъ орхидей приспособленъ къ какому-нибудь насѣкомому, которое посѣщаетъ и оплодотворяетъ его, и эти приспособленія представляютъ только немногіе случаи изъ громаднаго числа такихъ случаевъ, встрѣчающихся въ жизни растеній и животныхъ. Но онъ никогда не можетъ показать намъ, почему орхидныя такъ отличаются отъ другихъ растеній, почему все существуетъ такъ, какъ оно есть, а не такъ, какъ оно могло бы быть въ безчисленномъ множествѣ другихъ возможныхъ видовъ существованія. Происхожденіе каждой существующей вещи прослѣжено въ прошедшей исторіи вселенной. Въ тотъ или другой моментъ прошедшей исторіи должны были быть какія-нибудь произвольныя опредѣленія, которыя повели къ образованію вещей въ томъ видѣ, какъ они теперь существуютъ.

ЗАКЛЮЧЕНІЕ.

Есть одинъ пунктъ, въ которомъ должны оканчиваться наши умозрѣнія, и именно тамъ, гдѣ начинается противорѣчіе. Законы тожества, различія и двойственности были основаніями, изъ которыхъ мы исходили, и на сколько я понимаю, это такія основанія, безъ которыхъ не можетъ быть ничего прочнаго. Научный методъ долженъ начинаться и оканчиваться законами мышленія; но изъ этого не слѣдуетъ, что онъ можетъ предохранить насъ отъ полученія непонятныхъ и повидимому противорѣчивыхъ результатовъ. Природа непрерывнаго количества представляетъ для насъ крайнія затрудненія. Всякое конечное пространство состоитъ изъ безконечнаго числа безконечно малыхъ пространствъ, изъ которыхъ каждое состоитъ опять изъ безконечнаго числа пространствъ втораго порядка малости; а эти пространства состоятъ опять изъ безконечно малыхъ пространствъ третьяго порядка. Но даже эти пространства третьяго порядка не представляютъ абсолютно геометрическихъ точекъ, соотвѣтствующихъ Эвклидову опредѣленію точки какъ положенія, не имѣющаго величины. Если мы станемъ продолжать сколько угодно подраздѣленія непрерывнаго количества, то никогда не дойдемъ до абсолютной точки. Такимъ образомъ, научный методъ приводитъ насъ неизбѣжно къ представленію безконечнаго ряда послѣдовательныхъ порядковъ безконечно малыхъ количествъ. А если такъ, то нѣтъ ничего невозможнаго въ существованіи миріадъ вселенныхъ на пространствѣ острія иголки, изъ которыхъ въ каждой находится безконечное число безконечно разнообразныхъ звѣздныхъ системъ съ ихъ солнцами и планетами. Наука ничего не дѣлаетъ для того, чтобы уменьшить число странныхъ вещей, которымъ мы можемъ вѣрить. Если безусловно послѣдовать за нею, то она дѣлаетъ нелѣпыя шутки съ нашими способностями пониманія и вѣры.

Нѣкоторыя изъ самыхъ точныхъ и прекрасныхъ теоремъ въ математикѣ, по моему мнѣнію, заключаютъ въ себѣ видимое противорѣчіе. Можемъ ли мы вообразить себѣ, чтобы точка, движущаяся по совершенно прямой линіи къ западу, обошла когда нибудь кругомъ къ востоку и возвратилась назадъ, какъ будто сдѣлавши кругъ въ безконечномъ пространствѣ, и однако же никогда не уклоняясь отъ совершенно прямаго направленія? Однако это именно бываетъ съ точкой пересѣченія двухъ прямыхъ линій, находящихся въ одной плоскости, изъ которыхъ одна линія вращается. Тотъ же самый парадоксъ представляетъ гипербола, если на нее смотрѣть какъ на безконечный эллипсисъ, одинъ конецъ котораго ушелъ на безконечное разстояніе и возвратился въ противоположномъ направленіи. Измѣняющееся количество можетъ измѣнять свой знакъ, переходя черезъ нуль или черезъ безконечность. Въ послѣднемъ случаѣ должна быть промежуточная величина перемѣнной, для которой измѣняющееся есть безразлично отрицательная безконечность и положительная безконечность. Клиффордъ говорилъ мнѣ, что онъ нашелъ математическую функцію, которая приближается къ безконечности, когда перемѣнная приближается къ извѣстному предѣлу; однако у предѣла эта функція конечна! Математики могутъ уладить эти трудности, но они никогда не сдѣлаютъ того, чтобы такіе результаты математическихъ принциповъ не казались противорѣчащими нашимъ обыкновеннымъ представленіямъ пространства.

Гипотеза, признающая Существо всемогущее и всеблагое, также представляетъ, какъ согласится всякій непредубѣжденный изслѣдователь, своего рода трудности, близко сходныя съ логическимъ противорѣчіемъ. Существованіе малѣйшаго зла и бѣдствія повидимому показываетъ, что онъ или не вполнѣ всемогущъ или не вполнѣ всеблагой. Всякому приходилось встрѣчать въ жизни прискорбныя событія, значеніе которыхъ было необъяснимо. Но если мы не можемъ избѣжать противорѣчій въ нашихъ познаніяхъ по элементарной геометріи, то можемъ-ли мы ожидать, чтобы послѣднія задачи существованія представлялись намъ съ совершенною ясностью? Я не вижу никакой несообразности въ томъ мнѣніи, что въ болѣе высокомъ состояніи ума разъяснилось бы многое, что теперь кажется темнымъ. Мы постоянно оказываемся въ положеніи конечныхъ умовъ, пытающихся рѣшать безконечныя задачи, и ужели нельзя думать, что тамъ, гдѣ мы видимъ противорѣчіе, безконечный умъ открылъ бы совершенную логическую гармонію?

Наука, если ею заниматься со смиреніемъ и должнымъ сознаніемъ крайней ограниченности нашихъ умственныхъ способностей, можетъ внушить намъ только болѣе высокія и болѣе обширныя понятія о задачахъ творенія. Наша философія должна быть утвердительною, не похожею на ложные и отрицательные догматы О. Конта, который узурпировалъ названіе *положительной философіи* и перетолковалъ тенденціи ея. Истинная наука не будетъ отрицать существованія извѣстныхъ вещей потому, что они не могутъ быть взвѣшены и измѣрены. Она скорѣе заставитъ насъ думать, что трудности и тонкости возможнаго существованія превышаютъ все то, что можетъ быть ясно понято нашими способностями. Изученіе логическихъ и математическихъ формъ убѣдило меня, что даже само пространство не есть необходимое условіе для мыслимаго существованія. Всякая вещь, говорятъ намъ матеріалисты, должна существовать здѣсь или тамъ, ближе или дальше, прежде или послѣ. Я отрицаю это и въ доказательство указываю на логическія отношенія.

Прежде мнѣ казались чѣмъ-то таинственнымъ знаменатели бинома (стр. 184), которые встрѣчаются еще въ естественной постоянной ε, или

$$1+\frac{1}{1}+\frac{1}{1.\ 2}+\frac{1}{1.\ 2.\ 3}+\cdots$$

и во многихъ результатахъ математическаго анализа. Но теперь я вижу, какъ уже было объяснено (стр. 32, 157, 359), что они обязаны своимъ происхожденіемъ тому факту, что отношенія пространства не примѣняются къ логическимъ условіямъ управляющимъ числами сочетаній, составляющихъ въ этомъ отношеніи противоположность съ перемѣщеніями. Я до такой степени несогласенъ съ ученіемъ Канта, что пространство есть необходимая форма мышленія, что считаю пространство случайнымъ и даже препятствіемъ для чистаго логическаго умозаключенія. Нѣтъ сомнѣнія, что матеріальные предметы должны существовать въ пространствѣ, но умственные предметы могутъ существовать внѣ времени и пространства; они могутъ вовсе не имѣть никакого отношенія къ пространству, подобно тому какъ само пространсто не имѣетъ никакого отношенія ко времени. Насколько я понимаю, могутъ быть умственные предметы, для которыхъ время и пространство ничто.

Къ числу самыхъ безспорныхъ правилъ научнаго метода относится тотъ первый законъ, что *все то, что существуетъ, то существуетъ*. Мы не должны игнорировать ничего изъ того, что существуетъ; мы можемъ различнымъ образомъ объяснять его значеніе и происхожденіе; но если какое-нибудь явленіе существуетъ, то оно требуетъ какого-нибудь объясненія. Если-бы существовало состязаніе между предметами, напрашивающимися на познаніе ихъ, тогда внѣшній міръ долженъ былъ-бы уступить несомнѣнному существующему въ насъ внутреннему міру. Наши собственныя надежды, желанія и опредѣленія составляютъ самыя несомнѣнныя явленія въ сферѣ сознанія. Если люди дѣйствуютъ, чувствуютъ и живутъ такъ, какъ будто они не просто продукты случайнаго соединенія атомовъ, но орудія далеко захватывающей цѣли, то ужели мы, изучающіе всѣ другія явленія, оставимъ безъ вниманія эти? Мы изслѣдуемъ инстинкты муравьевъ, пчелъ, бобровъ и открываемъ, что они въ своихъ дѣйствіяхъ руководятся непонятнымъ стремленіемъ направленнымъ къ отдаленной цѣли. Будемъ же вѣрны нашему научному методу и станемъ изслѣдовать и тѣ инстинкты человѣческаго ума, которые побуждаютъ человѣка дѣйствовать такъ, какъ будто цѣлью его жизни было одобреніе Высшаго Существа.

КОНЕЦЪ.

2010515406